

ARBEITSBERICHTE DES INSTITUTS FÜR MATHEMATISCHE MASCHINEN UND DATENVERARBEITUNG (INFORMATIK)

FRIEDRICH ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN NÜRNBERG

HERAUSGEBER: H. Billing, W. Händler, U. Herzog,
F. Hofmann, K. Leeb, P. Mertens, H. Müller, G. Nees, H. Niemann,
D. Seitzer, B. Schmidt, H. J. Schneider, H. Wedekind

SEMANTISCHE UND PRAGMATISCHE ANALYSE IM ERLANGER SPRACHERKENNUNGSPROJEKT

Astrid Brietzmann

DISSERTATION

BAND 17 · NUMMER 5 · ERLANGEN · AUGUST 1984



ISSN 0344 - 3515

SEMANTISCHE UND PRAGMATISCHE ANALYSE IM ERLANGER SPRACHERKENNUNGSPROJEKT

Der Technischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg
zur Erlangung des Grades
DOKTOR - INGENIEUR

vorgelegt
von

Astrid Brietzmann

ERLANGEN 1984

Als Dissertation genehmigt von der Technischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der Einreichung: 13.12.1983

Tag der Promotion : 24.05.1984

Dekan : Prof. Dipl.-Ing. G. Vetter

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. H. Niemann

Prof. Dr.phil. G. Nees

DER LETZTE ZUG

Auf dem gottverlassenen Bahnsteig mitten in der Wüste saßen Jim und Joe, zwischen sich das zerkratzte Steckschach.

Joe griff wieder zu einer dieser ekelhaften Zigarren, die ihm nie ausgingen.

"Ein Zug!", knurrte Jim.

Joe schien nicht zu reagieren.

Jim spielte mit seinem Colt.

Joe schaute wie abwesend in die Ferne.

Wieder verging eine Stunde.

Der Frachtzug fuhr ein und hielt eine Weile.

Jim führte seine Hand zum Schachbrett.

"Der letzte Zug!", sagte Jim.

Joe zuckte die Achseln und warf die Zigarre unter die Räder der anfahrenden Lok.

(aus: G.Fritz & M.Muckenhaupt:
Kommunikation und Grammatik.1981:117)



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546206_0022

INHALTSVERZEICHNIS

1	Die thematischen Rahmenbedingungen	1
1.1	Motivation: automatisches Sprachverstehen	1
1.2	Randbedingungen: Das Erlanger Spracherkennungssystem	3
2	Linguistische Grundlagen: ein Exkurs	7
2.1	Textlinguistik	7
2.1.1	Textualität	7
2.1.2	Text-Syntax	9
2.1.2.1	Konnexion	9
2.1.2.2	Textphorik	10
2.1.3	Text-Semantik	10
2.1.3.1	Referenz	10
2.1.3.2	Monosemierung	11
2.1.3.3	Isotopie	12
2.1.3.4	Thematische Progression	12
2.1.4	Text-Pragmatik	13
2.1.4.1	Anschlußhandlungen	13
2.2	Semantik	14
2.3	Bedeutungsgehalt von Zeichen	16
2.3.1	Denotat - Konnotat - individuelle Assoziationen	16
2.4	Pragmatik	17
2.5	Pragmatik als Lehre von der Zeichenverwendung	18
2.6	Pragmatik als Sprechhandlungstheorie	18
2.7	Pragmatik als Linguistik des Dialogs	19
2.7.1	Dialogkonstituierung	19
2.7.2	Dialogsteuerung	20
2.7.3	Dialogbeendigung	21
2.8	Definition der semantischen und pragmatischen Moduln im System	22
3	Semantische Netzwerke als Medium zur Wissensrepräsentation	25
3.1	Wissensrepräsentationsformalismen: eine kurze Übersicht	25
3.2	Spezielle Probleme der Wissensrepräsentation in AI-Systemen	27
3.2.1	Beschränkung der Inferenzen	28
3.2.2	Nicht-monotone Logik	30
3.3	Die historische Entwicklung des Netzwerk-Formalismus	31
3.3.1	Die ersten Netzwerk-Systeme	32
3.3.2	Die Unterscheidung Konzept/Exemplar	32

3.3.3	Kasusrelationen	33
3.3.4	"Conceptual dependency"	34
3.3.5	Partitionierte Netze	34
3.3.6	Eine Hardware-Realisierung	34
3.3.7	What's in a Link? - die Kritik W.Woods"	35
3.4	"Structured Inheritance Networks": ein epistemologisch fundierter Formalismus	37
3.4.1	Die epistemologische Inadaquatheit früherer Netzwerk-Ansätze	37
3.4.2	Betrachtungsebenen für Semantische Netzwerke	38
3.4.3	Kriterien für den Entwurf einer Netzwerk-Sprache	42
3.4.4	Brachmans Ansatz der "Structured Inheritance Networks"	43
3.4.4.1	Übersicht	43
3.4.4.2	Konzepte als intensionale Beschreibung möglicher Instanzen	43
3.4.4.3	Attribute	44
3.4.4.4	Attribut-Definitionen	45
3.4.4.5	Instanzen	47
3.4.4.6	Strukturelle Beziehungen der Attribute	48
3.4.4.7	Abgeleitete Konzepte - Konzeptmodifikation	50
3.4.4.8	Strukturierte Vererbung	52
3.4.4.9	"Procedural attachment": Prozedur-Einbindung	53
3.5	Semantische Netzwerke im Erlanger Spracherkennungsprojekt	54
3.5.1	Die elementaren Netz-Objekte: Konzepte, Instanzen, Attribute	54
3.5.2	Relationen zwischen den Objekten	56
3.5.2.1	Vererbung	56
3.5.2.2	Konzept-Spezialisierung	57
3.5.2.3	Instantiierung	58
3.5.3	Interne Struktur der Netz-Objekte	59
3.5.3.1	Interne Struktur eines Konzepts	60
3.5.3.2	Interne Struktur einer Instanz	63
3.5.4	Attribut-Modalitäten	64
3.5.5	Restriktionen	67
3.5.6	Meta-Information	69
3.6	matching	69
3.6.1	matching-Typen	69
3.6.2	matching-Parameter	70
3.6.3	Der matching-Algorithmus	71
3.7	Realisierung	71
3.7.1	CGRASPE	73
3.7.2	CSEMNET	73
3.7.3	CMATCHER	74
4	Der Semantik-Modul	77
4.1	Theoretischer Hintergrund: Valenz- und Kasus-theorie	77
4.1.1	Die Valenztheorie	77
4.1.2	Die Kasus-theorie	79
4.2	Aufgaben der semantischen Analyse	80
4.2.1	Lokale Interpretation: Amalgamierung und Kasusrahmenspezialisierung	81
4.2.2	Kontextuelle Interpretation: Kasusrahmen-Analyse	84
4.2.2.1	Kasusanalyse freier Angaben	89
4.2.3	Analysesteuerung durch Kontexterwartungen: top-down-Hypothesen	90

4.3	Die semantische Wissensbasis	93
4.3.1	Das Lexikon	93
4.3.2	Die Selektionsklassen	95
4.3.3	Das Kasussystem	97
4.3.4	Die Konstituentenhierarchie	100
4.4	Realisierung des Semantik-Moduls	100
4.4.1	Die Rahmenbedingungen für die Implementierung	100
4.4.2	Modul-Struktur	102
4.4.3	Teilprozesse	103
4.4.3.1	Definition der Verträglichkeit semantischer Klassen	104
4.4.3.2	Hauptfunktion KONSTITUENTEN INTERPRETATION	106
4.4.3.3	Hauptfunktion FRAME SATZ MATCH	113
4.4.3.4	Hauptfunktion FRAME_KONSTIT MATCH	114
4.4.3.5	Hauptfunktion INTERPRETATION VERVOLLSTÄNDIGEN	119
4.4.3.6	Hauptfunktion TOP_DOWN_HYPOTHESEN	120
4.4.4	Der Monitor	121
4.4.5	Schnittstellen	121
4.4.5.1	Die Schnittstelle zum Lexikon: der Präprozessor	121
4.4.5.2	Die Schnittstelle zum Syntax-Modul	121
4.4.5.3	Die Schnittstelle zum Pragmatik-Modul	125
4.4.5.4	Die Schnittstelle zum Strategie-Modul	125
4.4.5.5	Die Schnittstelle zur Hypothesenbank	127
4.5	Die Testumgebung	128
4.6	Beispiele für die Hauptfunktionen	129
4.6.1	Beispiele zur KONSTITUENTEN-INTERPRETATION (4.4.3.2)	129
4.6.1.1	AMALGAM	129
4.6.1.2	VERBFRAME-GENERIERUNG	133
4.6.2	Beispiel zum FRAME-SATZ-MATCHING (4.4.3.3)	134
4.6.3	Beispiel zum FRAME-KONSTITUENTEN-MATCHING (4.4.3.4)	138
4.6.4	Beispiele für TOP-DOWN-HYPOTHESEN (4.4.3.6)	143
5	Ein Pragmatik-Modul	145
5.1	Der Gegenstand des Pragmatik-Moduls: thematische und situative Faktoren des Verstehens	145
5.2	Die Wissensbasis: ein Modell des Diskursbereichs	147
5.2.1	Die Situationsebene	148
5.2.2	Die Intentionsebene	148
5.2.3	Die Weltebene	152
5.2.4	Die thematische Ebene	153
5.3	Teil-Aufgaben der pragmatischen Analyse	153
5.3.1	Bezug zum Weltmodell	153
5.3.2	Ableitung des Auskunftstyps	157
5.3.2.1	Vorwärts-Inferenzen	158
5.3.2.2	Rückwärts-Inferenzen	158
5.3.3	Hypothesen-Erzeugung	160
5.4	Die Modul-Struktur	160
6	Ein Dialog-Modul	163
6.1	Der Gegenstand des Dialog-Moduls: Aspekte der Dialogführung	163

6.2	Teil-Aufgaben	164
6.3	Die Wissensbasis	167
6.4	Die Modul-Struktur	169
7	Ausblick	171
7.1	Mensch-Maschine Dialog	171
7.2	Antwortgenerierung	171
7.3	Anmerkungen zur Implementierung	174
7.4	Zur Abgrenzung der Wissens-Moduln	174
8	Zusammenfassung ¹	177
9	Bibliographie	181

KURZFASSUNG

Sprachliche Interaktion führt als zweckgerichtetes Handeln über reine Worterkennung hinaus; sie basiert auf einer Reihe dialogspezifischer Faktoren, die in den sprachwissenschaftlichen Teildisziplinen Textlinguistik, Semantik und Pragmatik erörtert werden.

Auf diesem theoretischen Hintergrund werden für ein System zum automatischen Verstehen und Generieren gesprochener Sprache Moduln für die Interpretation von Äußerungen unter semantischen und pragmatischen Aspekten definiert. Neben der Auflösung von Mehrdeutigkeiten und der Analyse der einem Satz zugrundeliegenden Bedeutungsstruktur haben sie vor allem den Bezug einer Äußerung zum Hintergrundwissen, die Analyse der Sprecher-Intention, sowie die Steuerung des Dialogs zum Gegenstand. Die anwendungsabhängigen Komponenten werden am Beispiel der Intercity-Zugauskunft konkretisiert, die Realisierung der bereichsunabhängigen Semantik-Komponente wird experimentell vorgeführt. Zur Repräsentation des speziellen Wissens der Moduln wird ein Formalismus für Assoziative Netzwerke entworfen und seine Implementierung dargestellt.

ABSTRACT

Verbal interaction, viewed as goal-directed action, requires more than mere word recognition. It is based on a number of dialogue specific factors investigated within the linguistic disciplines of text linguistics, semantics, and pragmatics.

Against this theoretical background, various modules are defined to cover the semantic and pragmatic aspects in a system for the automatic understanding and generation of speech. Besides word sense disambiguation and revelation of the meaning structure, their main task is to relate utterances to common sense and domain specific knowledge, to analyse the speaker's intentions, and to guide the dialogue. The application dependent components are designed for the German Intercity-train system as a prototype domain of discourse. The implementation of the task independent semantics module is demonstrated by experimental examples. For knowledge representation, an associative network formalism is developed, and its implementation is explained.

1 Die thematischen Rahmenbedingungen

1.1 Motivation: automatisches Sprachverstehen

Den thematischen Rahmen für die vorliegende Arbeit bildet das Projekt zum automatischen Verstehen und Generieren "fortlaufend gesprochener" deutscher Sprache, das am Lehrstuhl 5 (Mustererkennung) des Instituts für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD) der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt wird. Als erste Anwendung wurde ein Auskunftssystem mit dem prototypischen Diskursbereich "Intercity-Zugsystem" gewählt, was als sprachliche Randbedingungen insbesondere die Forderung nach möglichst uneingeschränktem Sprachumfang und "natürlicher" Dialogführung nahelegt.

In einem System, das Dialoge führen und Auskünfte geben soll, spielt über das reine "Wort-für-Wort"-Erkennen hinaus die Fähigkeit zur Interpretation einer Benutzer-Äußerung die entscheidende Rolle. Sie definiert die (passive) Sprachkompetenz des Systems. Die Untersuchung verschiedener Bedeutungsaspekte einer Benutzer-Äußerung von der rein textuellen Interpretation bis hin zur Analyse der zugrundeliegenden Sprecherabsicht im thematischen Zusammenhang des Dialogs ist die Aufgabe der semantischen und pragmatischen Komponenten, die Gegenstand dieser Arbeit sind.

Das Verstehen kontinuierlich gesprochener Sprache kann besonders wegen der typischen Verschleifungen der Wortgrenzen einerseits und der Unzulänglichkeit herkömmlicher Methoden zur Worterkennung im großen Wortschatz (W.A. Lea 1980) andererseits nicht dadurch geleistet werden, daß zunächst die Wörter einzeln erkannt werden und dann diese Wortfolge interpretiert wird. Durch Fehler und Unsicherheiten bei der Laut- und Worterkennung entsteht eine Vielzahl von Alternativen, die durch linguistisches und allgemeines Hintergrundwissen eingeschränkt werden muß. Daraus ergibt sich für die Moduln neben den kognitiven Aufgaben des Verstehens die Anforderung, aus der Sicht des eigenen Wissens durch Erwartungen und Plausibilitätsbewertungen für Ergebnisse anderer die Analyse auf den unteren Ebenen zu steuern.

Eine wesentliche Voraussetzung für das Verstehen besteht für den Hörer darin, Bezüge der "kommunikativen Signale" einer Äußerung auf sein eigenes Wissen und die außersprachliche Wirklichkeit herzustellen, und zwar in analoger Weise wie der Sprecher, bzw. wie vom Sprecher intendiert. Als kommunikative Signale gelten dabei alle - in diesem Fall sprachlichen - Ausdrucksmittel, die dem Sprecher etwa auf den Ebenen des Morpheminventars, der prosodischen Gestaltung sowie der syntaktischen und semantischen Strukturierung zur Verfügung stehen.

Durch die Vertextung kommunikativer Signale gibt der Sprecher dem Hörer **Anweisungen**, welche Bezüge er herzustellen hat. Erst der Bezug auf Ausschnitte seines eigenen Wirklichkeitsmodells erlaubt dem Hörer, auch die entsprechenden, vom Sprecher beabsichtigten Schlußfolgerungen und Anschlußhandlungen zu vollziehen, die das eigentliche "Verstehen" über die rein wörtliche Bedeutung eines Textes hinaus ausmachen. Die verschiedenen Ebenen des Bezugs dialogischer Text-Elemente

- * aufeinander,
- * zum thematischen und situativen Kontext sowie
- * zum Dialogzusammenhang

definiert Kapitel 2 der Arbeit nach einer allgemeinen Einführung in semantische und pragmatische Problemstellungen als die Objektbereiche der semantischen und pragmatischen Wissens-Moduln im Spracherkennungssystem.

Als Voraussetzung dazu werden zunächst verschiedene Aspekte des Problembereichs aufgezeigt, die Gegenstand der Semantiktheorie und der Pragmalinguistik sind. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen, die sich aus dem Einsatz im Dialogsystem ergeben (vgl. 1.2), wird aus den erklärten Aufgaben die Spezifikation eines Semantik- und eines Pragmatik-Moduls sowie eines gesonderten Dialog-Moduls abgeleitet. Die Abgrenzung der Moduln erfolgt im Hinblick auf die verschiedenen Aufgabenbereiche, die eingesetzten Methoden und das zugrundegelegte Wissen.

Eine adäquate Behandlung des Bezugs sprachlicher Ausdruckselemente zur Wirklichkeit kann sich nicht in der Analyse sprachlicher Strukturen erschöpfen: sie setzt eine - zumindest rudimentäre - Strukturbeschreibung des "Weltmodells" voraus, auf das Bezug genommen werden soll. Da die Elemente dieses Modells im allgemeinen nicht als isolierte Objekte und Sachverhalte von Bedeutung sind, sondern sich häufig erst durch verschiedene Handlungszusammenhänge und Vorkommensrahmen definieren, bietet sich für diese Beschreibung die assoziative Darstellungsform in einem Netzwerkmodell an. Die Repräsentation von Wissen in Semantischen Netzen sowie einen eigenen Formalismus dazu, der in den höheren "Experten-Moduln" eingesetzt wird, führt Kapitel 3 der Arbeit ein. Der Formalismus wird theoretisch motiviert und seine Realisierung in einer SIMULA-Klassenhierarchie beschrieben.

Im vierten Kapitel wird auf der Basis der Valenz- und Kasustheorie ein Konzept für einen Semantik-Modul vorgestellt, seine Realisierung dargestellt und experimentelle Ergebnisse angegeben. Im einzelnen werden zunächst die Teilaufgaben der

semantischen Analyse definiert und Methoden zur Lösung sowie die eingesetzte Wissensbasis, auf der die Prozesse arbeiten, beschrieben. Die einzelnen Algorithmen werden unabhängig von ihrer Realisierung spezifiziert und ihre Funktion an Beispielen demonstriert.

Ein Pragmatik-Modul wird in Kapitel 5 eingeführt. Seine Wissensbasis repräsentiert den Diskursbereich "Intercity-Zugauskunft", der in Form eines Semantischen Netzwerks strukturiert wurde. Darauf werden verschiedene Inferenzprozesse definiert, die die Ermittlung der Intention, die einer Benutzeräußerung zugrundeliegt, zum Ziel haben. Während die Wissensbasis des Moduls und verschiedene Netzwerk-Operationen darauf verfügbar sind, muß die Realisierung der "Experten-Funktionen" des Moduls zukünftigen Arbeiten überlassen bleiben.

In Kapitel 6 wird das Konzept zu einem Dialog-Modul vorgestellt. Aus der Sicht der Kommunikationstheorie wird motiviert, was diese Komponente im Hinblick auf die Steuerung eines Auskunft-Dialogs zu leisten hat. Dafür werden verschiedene bereichsunabhängige Analyse-Aspekte für Dialoge und die dafür benötigten Wissensbasen aufgezeigt.

Kapitel 7 schließlich bietet einen Ausblick auf laufende Aktivitäten auf dem Gebiet der Antwortgenerierung und Anmerkungen zu spezifischen Eigenschaften des Mensch-Maschine Dialogs, sowie zur Modularisierung linguistischen Wissens.

1.2 Randbedingungen: Das Erlanger Spracherkennungssystem

Als Forschungsziele des Projekts wurden neben der Untersuchung des zum Sprachverstehen und -erzeugen notwendigen allgemeinen, linguistischen und prozessualen Wissens insbesondere das experimentelle Studium verschiedener Systemkonfigurationen und Verarbeitungsstrategien formuliert. Daneben gilt besonderes Interesse den software-technischen und konzeptionellen Konsequenzen der parallelen System-Architektur, wie etwa Problemen der Kontrolle und der Kommunikation zwischen den Modulen (zur Projekt-Spezifikation vgl. H.Niemann (1982), H.-W.Hein (1982)).

Die Anlage als Experimentiersystem bringt eine Reihe spezieller Randbedingungen für den System-Entwurf mit sich: vor allem stellt für die Austauschbarkeit einzelner Komponenten wie für die geplante Realisierung auf einem Parallel-Rechner eine streng modulare Struktur die Voraussetzung dar. Wie aus Abb.1-1 ersichtlich, ist das System konzipiert als eine Reihe weitgehend voneinander unabhängiger Wissens-

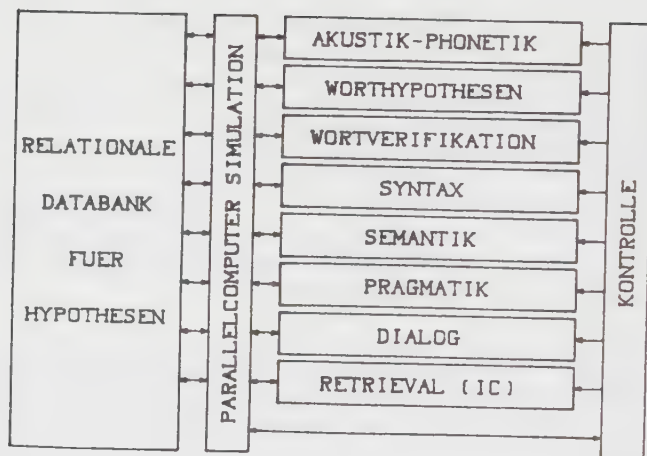


Abb. 1-1: Die System-Struktur

Moduln, die, abgesehen von den Komponenten zur Kontrolle und zur Repräsentation der Daten, verschiedene linguistische Abstraktionsebenen der Analyse einer dialogischen Äußerung widerspiegeln.

Weitere Charakteristika des Systems lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- * Modularisierung innerhalb der Verarbeitungsebenen durch einheitliche Modulstruktur, zwischen den Ebenen durch wohldefinierte einfache und einheitliche Schnittstellen,
- * Faktorisierung des Wissens weitgehend nach linguistischen Gesichtspunkten (Experten-Moduln zB. für Akustik/Phonetik, Phonologie, Prosodie, Syntax, Semantik, Pragmatik und Dialogstruktur),
- * Trennung zwischen Anwendungs-abhängigem und -unabhängigem Wissen durch Repräsentation in getrennten Moduln,
- * Simulation der Parallelverarbeitung, Koordination der Prozesse durch einen gesonderten Kontroll-Modul,
- * Relationale Datenbank als Hypothesenbank, über die die Moduln durch Austausch und gegenseitige Bewertung von Zwischenergebnissen kommunizieren,
- * Experimentier-Rahmen zur interaktiven Definition der System-Konfiguration,

Protokollierung, statistischen Auswertung und Überwachung der Analyse,

- * ab Wortebene derzeitige Realisierung des Systems in SIMULA auf der CDC CYBER 173 des Regionalen Rechenzentrums Erlangen (RRZE).

Unter anderem ergeben sich aus diesen Richtlinien folgende Konsequenzen für den Entwurf der einzelnen Moduln:

- * Da der Austausch zwischen den Moduln ausschließlich über Hypothesen erfolgt, ist keine direkte Kommunikation gegeben, insbesondere ist keine gezielte gegenseitige Aktivierung, etwa zur Verifikation von Zwischenergebnissen, um Irrwege auszuschließen, vorgesehen.
- * Entsprechend sind keine gemeinsamen Datenbereiche außerhalb der einheitlich strukturierten Datenbank zulässig, etwa als gemeinsames Dialog-Gedächtnis für die semantische und pragmatische Analyse oder als lexikalische Datenbasis für alle linguistischen Moduln. Die einzige Daten-Schnittstelle ist die Relation "Hypothese" in der Hypothesenbank.
- * Soweit als möglich sollten Aspekte des linguistischen Wissens eindeutig einem "Experten-Modul" zugeordnet sein. Dies bedeutet zum Beispiel, daß der grammatikalischen Analyse innerhalb des Syntax-Moduls kein Zugriff auf semantische Information wie etwa Selektionsbeschränkungen als Kriterium für die Valenz-Analyse gewährt wird. Umgekehrt sollte die Semantik-Komponente, der die Valenz-Analyse demzufolge zugeordnet wird, kein eigenes syntaktisches Wissen besitzen. Alle nötige syntaktische Information muß ihr daher vom Syntax-Modul über die Hypothesen mitgeteilt werden. Wie bei allen Problemen, die im Zwischenbereich zwischen zwei Moduln angesiedelt sind, muß im Prinzip ein Modul (hier: die Syntax-Komponente) die Weiterverwendung seiner Ergebnisse kennen, um die aus höherer Sicht (hier: für die semantische Analyse) relevante Information aus seinem Zuständigkeitsbereich dafür bereitzustellen.
- * Aus Gründen der Modularität werden Aspekte, die aus der Sicht der theoretischen Linguistik unter einen gemeinsamen Objektbereich (zB. die Pragmalinguistik) fallen, bei der Implementierung im System auf verschiedene Moduln verteilt, um deren unabhängige Entwicklung zu ermöglichen und ihre Austauschbarkeit zu gewährleisten.

Insbesondere scheint es angebracht, diejenigen Teile des Wissens, die für eine konkrete Anwendung spezifisch sind, in gesonderten Moduln zu realisieren, da-

mit bei einer Änderung der System-Anwendung nur diese ausgetauscht werden müssen, ohne daß die linguistische Kompetenz des Systems davon berührt wird.

Diese Randbedingungen waren auch bei der Entwicklung und Realisierung der semantischen und pragmatischen Komponenten, die der Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind, zu beachten. Einige Bemerkungen dazu finden sich im Ausblick (Kap.7).

2 Linguistische Grundlagen: ein Exkurs

Mit der im folgenden versuchten Skizzierung der drei sprachwissenschaftlichen Teildisziplinen Textlinguistik, Semantik und Pragmatik soll der linguistische Rahmen abgesteckt werden, in den die vorliegende Arbeit eingebettet ist. Daß sich der Überblick auf die Darstellung einiger Aspekte beschränken muß, bedarf angesichts der Komplexität dieser Gegenstandsbereiche keiner weiteren Begründung. Inwieweit diese Konzepte übernommen werden konnten bzw. aufgrund der Systemarchitektur und anderer, in der Spezifik der Mensch-Maschine Kommunikation begründeter Restriktionen modifiziert werden mußten, wird im Definitionsansatz der semantischen und pragmatischen Moduln am Ende dieses Kapitels angedeutet und im weiteren Verlauf noch genauer expliziert.

2.1 Textlinguistik

Die Textlinguistik hat sich zunächst aus der Kritik an der Beschränkung auf den einzelnen Satz als Analyseobjekt entwickelt. Einerseits stellten Linguisten im Text ähnliche Abhängigkeiten und Verknüpfungen zwischen den Sätzen fest, wie sie im Satz zwischen den Wörtern untersucht wurden. Andererseits verlangen gewisse Aspekte der Sprachproduktion, für die der Satzbegriff irrelevant ist, größere Beschreibungseinheiten wie etwa Textabschnitte oder ganze Texte. So nahm die Textlinguistik nicht nur eine Erweiterung des Beschreibungsrahmens vor; hinzu kam als neuer Untersuchungsgegenstand die Rolle der Sprache in Kommunikationssituationen, bzw. die Bedingungen für das Funktionieren von Sprache in der Kommunikation.

2.1.1 Textualität

Nach einer Definition von W.Dressler und R.-A. de Beaugrande (1981) muß ein Text sieben Kriterien der Textualität genügen, um seine kommunikative Funktion zu erfüllen:

- 1) **Kohäsion** bezeichnet die Verbindung der Elemente des Oberflächentextes (der gehörten oder zu lesenden Wortfolge) durch grammatikalische Abhängigkeiten, also durch grammatikalische Signale, die die Elemente in Beziehung setzen (zB. Mittel der Flexion).
- 2) Die **Kohärenz** betrifft den inhaltlichen Zusammenhang zwischen den dem Oberflä-

chentext zugrundeliegenden Konzepten, die Relationen, die zwischen ihnen errichtet werden, um ihre gegenseitige Relevanz zum Ausdruck zu bringen. Solche Relationen dienen etwa der Bezeichnung der Kausalität (ein Satz bezeichnet den Grund für den nachfolgenden), der Ermöglichung oder des Zwecks, aber auch die zeitliche Abfolge zwischen den Ereignissen bringt sie in einen Zusammenhang. Ohne diese Relationen zwischen den erwähnten Ereignissen oder Situationen wirkt ein Text unmotiviert und sinnlos. Der Hörer versucht daher, aufgrund eigenen Wissens über die lose aneinandergereihten Konzepte selbst Kohärenzrelationen herzustellen, um einen "Sinn" zu rekonstruieren ("Inferenzziehung").

- 3) Neben der Kohäsion und der Kohärenz, die direkt auf dem Textmaterial beruhen, sind eine Reihe von Kriterien für die kommunikative Funktion eines Textes entscheidend, die auf die Person des Produzenten, bzw. des Rezipienten, Bezug nehmen:

Die **Intentionalität** eines Textes beruht auf der Tatsache, daß ein Produzent einen kohäsiven und kohärenten Text letztlich ia. nur zu einem bestimmten Zweck erzeugt, daß er damit einen Plan zur Erreichung eines bestimmten Ziels verfolgt.
- 4) Die **Akzeptabilität** eines Textes meint den Grad, bis zu dem der Rezipient bereit ist, Verletzungen seiner Erwartungen hinzunehmen und Störungen in Kohäsion und Kohärenz durch eigene Beiträge zu überwinden.
- 5) Die **Informativität** umschreibt das Ausmaß an Unerwartetheit, bzw. Unbekanntheit, der im Text enthaltenen Mitteilungen. Dabei tritt leicht ein Konflikt zwischen Interessantheit und Verständlichkeit ein: sehr informative, kompakte Aussagen sind zwar interessanter als solche, die viel Redundanz enthalten, sind aber uU. auch schwerer verständlich.
- 6) **Situationalität** bezeichnet die Faktoren der außersprachlichen Situation, die den Textsinn, aber auch die Formulierung des Textes determinieren. Diese Fragestellung wird insbesondere im Rahmen der Soziolinguistik untersucht.
- 7) Mit **Intertextualität** wird die Abhängigkeit des Sinns oder der Relevanz eines Textes von vorangegangenen Texten angesprochen, auf die (evtl. indirekt) Bezug genommen wird, so daß der Text ohne ihre Kenntnis nicht verstanden werden kann.

Neben diesen **konstitutiven** Prinzipien der Textkommunikation, die ihre Voraussetzungen definieren, verdienen drei **regulative** Prinzipien Beachtung, die die Erstellung und den Gebrauch eines Textes kontrollieren: seine Effizienz (Aufwand), seine Effektivität (Wirksamkeit) und seine Angemessenheit (bzgl. des Kontextes).

Gerade die Untersuchung der letztgenannten Aspekte führt bereits in den Bereich benachbarter Disziplinen, insbesondere der Kognitionswissenschaft, der Soziologie und der Ethnomethodologie. Dagegen sind die anfangs aufgeführten textzentrierten Kriterien weitgehend auch einer strukturalistischen Betrachtung zugänglich: so lassen sich auch für den erweiterten Untersuchungsrahmen "Text" einzelne Phänomene einer "Text-Syntax", einer "Text-Semantik" und einer "Text-Pragmatik" zuordnen.

2.1.2 Text-Syntax

2.1.2.1 Konnexion

Mit grammatikalischen Mitteln wird der Hörer eines Textes angewiesen, wie er die einzelnen Konstituenten in Beziehung setzen soll: er erhält "**Konnexions-Anweisungen**". Zu diesen Mitteln zählen unter anderem morpho-syntaktische Phänomene, wie die Kasus/Genus/Numerus-Kongruenz ("mit letzter Kraft" = Dativ/feminin/Singular). Die Verknüpfung von Konstituenten durch Wiederholung von Merkmalen stiftet "Konnexion". Konnexions-Anweisungen geben darüberhinaus die Tempusfolge, die Verbindung mithilfe von Konjunktionen, sowie Aspekte der Verbvalenz. Durch die Erwartungen, die ein Verb bezüglich seiner Mitspieler im Satz impliziert, werden diese valenzgebundenen Konstituenten eng mit ihm verknüpft.

Ein wesentliches Mittel zur Kohärenzherstellung ist die Verwendung von Verweisformen, wie zB. Pronomina und anderen Pro-Formen, bestimmtem Artikel und Deiktika, dh. Verweisen auf Elemente des situativen Kontexts: "ich", "hier", "jetzt". Gerade letztere machen deutlich, daß Konnexion nicht unbedingt als rein syntaktisches Phänomen definiert werden kann, sondern auch eine pragmatische Dimension besitzt.

2.1.2.2 Textphorik

Die Relation der Verweisung im Text wird als "Textphorik" bezeichnet. Verweisformen werden je nach Verweisrichtung in zwei Gruppen eingeteilt:

- rückverweisende ("anaphorische") Verweisformen verweisen auf ein Bezugselement im vorangegangenen Kontext,
- vorwärtsverweisende ("kataphorische") Elemente nehmen Bezug auf den nachfolgenden Kontext ("DARAUF warte ich schon lange, daß du endlich mal den Kühlschrank abtaust."). Sie dienen vor allem als Ankerpunkt für Relativsätze: "Wenn ich DEN erwische, der mein Fahrrad demoliert hat!"

Die Relation der Verweisung kommt nicht nur durch die Verwendung einer Verweisform und ihr Bezugselement zustande, auch Elemente des Kontexts können eine Rolle spielen. Insgesamt kann die Vorinformation, auf die Bezug genommen werden kann, bestehen in

- dem Kontext,
- der außersprachlichen Situation,
- dem Sprachcode ("DIE Zeit ist..."),
- Vorwissen, das als bekannt vorausgesetzt wird.

2.1.3 Text-Semantik

2.1.3.1 Referenz

Text-Konstituenten verweisen nicht nur textintern aufeinander, sie geben dem Hörer auch Hinweise, auf welche Ausschnitte oder Elemente seines Weltmodells, also des ihm Bekannten, er sich beziehen soll, um das Neue des Textes zu verstehen. Text-Konstituenten können daher als Träger von "Referenz-Anweisungen" betrachtet werden.

Damit die Kohärenz eines Textes nicht gestört wird, sollten Referenz-Anweisungen eindeutig sein. Allerdings sind Text-Konstituenten für sich genommen häufig mehrdeutig. Sie besitzen ein Referenzpotential, das in der Verwendung konkretisiert werden muß. Konstituenten mit mehreren unterschiedlichen lexikalischen Bedeutungen werden als "polysem" bezeichnet, das Heraus-Filtern einer der Bedeutungen als "Monosemierung".

2.1.3.2 Monosemierung

Um ihre Referenz-Anweisungen eindeutig zu machen, werden die polysemen Text-Konstituenten in einen sie determinierenden Kontext eingebettet (Vertextung).

Beispiel:

das Lexem "Land" trägt mindestens vier verschiedene Bedeutungen:

- "Land" im Gegensatz zu "Stadt",
- "Land" im Gegensatz zu "Meer",
- "Land" als Bodeneigentum,
- "Land" als Staat.

Die Entscheidung für eine spezifische Bedeutung (Monosemierung) erfolgt durch die jeweilige Verwendung in einem Text-Zusammenhang:

- "Ich hab genug, ich fahr aufs Land."
- "Land in Sicht."
- "Bauer S. verkauft sein Land nicht."
- "Aus welchem Land kommen Sie?"

Durch den Kontext werden jeweils diejenigen Bedeutungs-Aspekte in den Vordergrund gerückt, die sich mit ihm in einen Sinn-Zusammenhang fügen, diejenigen, die die Kohärenz stören, werden absorbiert. Voraussetzung dafür ist, daß den beteiligten Elementen bestimmte referentielle Eigenschaften, die als semantische Merkmale notiert werden, gemeinsam sind ("Solidarität" nach E.Coseriu). Die Monosemierung eines Lexems beruht dann auf der Determinationswirkung derjenigen umgebenden Lexeme, zu denen sich das Lexem solidarisch verhält.

Diese Determination kann auch wechselseitig zwischen zwei isoliert polysemischen Konstituenten erfolgen: In der Kombination "verklemmtes Schloß" wird das Referenzpotential des Adjektivs ("mechanisch", "psychischer Bereich") und das Referenzpotential des Substantivs ("Königsschloß", "Tür") durch das gemeinsame Merkmal "mechanisch" auf jeweils eine Bedeutung festgelegt.

2.1.3.3 Isotopie

Das wiederholte Auftreten (die Rekurrenz) semantischer Merkmale wird in der Textlinguistik als "Isotopie" bezeichnet (A.J.Greimas).

Durch seine Rekurrenz dominiert ein solches Merkmal im Kontext alle anderen Merkmale einer Konstituente. Die Lexeme, die durch ein gemeinsames rekurrentes und dominantes Merkmal verknüpft sind, bilden eine Isotopie-Ebene (eine Art "roten Faden" im Text). Die Verfolgung der Isotopie-Ebenen liefert eine Beschreibung der semantischen Tektonik eines Textes, an der sich das Verständnis orientiert.

2.1.3.4 Thematische Progression

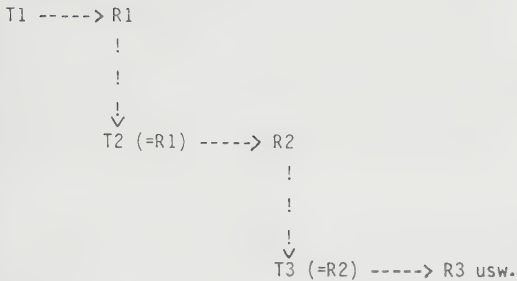
Die thematische Gliederung eines Textes ist Gegenstand der Theorie der "Funktionalen Satzperspektive". Die Sequenz von Themen, die das Gerüst des Textaufbaus bildet, nennt F.Daneš "thematische Progression". Er geht dabei aus von der Gliederung des Satzes in Bekanntes und Neues, in "Thema" und "Rhema". Dabei bezeichnet "Thema" das, worüber gesprochen wird, "Rhema" die Aussage, die darüber gemacht wird.

Die Entwicklung der Thema/Rhema-Struktur im Verlauf des Textes ist charakteristisch für verschiedene Texttypen. Der einfachste der Haupttypen thematischer Progression ist die einfache lineare Progression: das Rhema des Vorgängersatzes wird jeweils zum Thema des Folgesatzes.

Beispiel:

"Texten liegt eine Anweisungsstruktur zugrunde. Diese Anweisungen steuern das Herstellen von Bezügen."

Schematisch läßt sich diese Art der Progression folgendermaßen darstellen:



Die vier weiteren Typen der thematischen Struktur, die F.Daneš definiert, unterscheiden sich vom angedeuteten dadurch, daß sie entweder nur ein durchlaufendes Thema oder einen thematischen Sprung aufweisen, oder ein abgeleitetes bzw. gespaltenes Thema entwickeln. Grundsätzlich steht eine komplexe thematische Struktur im Konflikt mit der Forderung nach Kohärenz, die eine gewisse Kontinuität der Themen verlangt.

2.1.4 Text-Pragmatik

Gegenstand der textpragmatischen Betrachtung ist das Funktionieren von Text in einer Kommunikationssituation. Sie untersucht die Bedingungen und Konsequenzen, die sich für die kommunikative Funktion eines Textes (den Text-„Sinn“) daraus ergeben, daß er in einer bestimmten Situation in einer bestimmten Sprecher/Hörer-Konstellation und in einem Handlungszusammenhang geäußert wird.

2.1.4.1 Anschlußhandlungen

Nach der Auffassung der Sprechhandlungstheorie von Sprechen als einer Form des intentionalen Handelns liegt jeder Äußerung eine intendierte Anschlußhandlung des Partners zugrunde. Die beabsichtigten Konsequenzen können sowohl in praktischen Handlungen bestehen ("der Teekessel pfeift!"), als auch in Bewußtseinshandlungen, wenn der Hörer aufgefordert wird, sein Wirklichkeitsmodell der Mitteilung entsprechend zu ergänzen oder zu korrigieren ("mein Name ist Gantenbein").

Entscheidend für das Verstehen des Textsinns ist für den Hörer, daß er die kommunikativen Signale richtig entschlüsselt, mit denen der Sprecher ihm bestimmte

Anschlußhandlungen nahelegen will. Diese Signale geben dem Hörer sog. "Konsequenz-Anweisungen". Die Voraussetzung für ihre Entschlüsselung ist, daß Sprecher und Hörer sich auf beiderseits bekannte und akzeptierte Handlungsregeln (zB. soziale Verhaltensnormen) oder Übereinkünfte beziehen, die die beabsichtigten Anschlußhandlungen erwarten lassen, wenn bestimmte Situationen eintreten oder angesprochen werden ("wir haben schon wieder keine Milch mehr...").

Zusätzlich zu dieser Erwartbarkeit weist der Sprecher den Hörer unter Umständen durch spezielle Indikatoren auf die relevanten Handlungsregeln hin. Er kann aber auch die betreffenden Handlungsregeln und ihre Konsequenzen als so selbstverständlich betrachten, daß er einen expliziten Verweis darauf für überflüssig hält. Die Bedingung für das Erkennen der Sprecherintention ist in jedem Fall, daß die Weltmodelle der Kommunikationspartner und ihre Einschätzung der Situation weitgehend übereinstimmen.

Mitunter sind auch Verweisformen nur pragmatisch aufzulösen, wenn sie Bezug auf die Konsequenz-Anweisungen des Vorangegangenen nehmen: "Die Schneidemaschine ist schon wieder kaputt..." "DAFOR hab ich aber jetzt keine Zeit!"

2.2 Semantik

Nach F. de Saussure bilden Ausdrucks- und Inhaltsseite die unlösbaren Konstituenten des sprachlichen Zeichens. Die klassischen Schulen des sprachwissenschaftlichen Strukturalismus haben sich in der Nachfolge de Saussures überwiegend dem ausdrucksseitigen Aspekt dieses bilateralen Zeichenbegriffes zugewandt, da nur er einer direkten Beobachtung zugänglich ist. Parallel dazu stand aber immer schon das Bemühen, das Strukturprinzip der Ausdrucksseite auch auf die Inhaltsseite zu übertragen: Ausgehend von den funktionellen Eigenschaften des sprachlichen Zeichens, auf einen Umweltreferenten zu verweisen und damit kleinste bedeutungsstragende Einheit zu sein, unterscheidet de Saussure zwischen "signification" (Bezeichnung) und "valeur" (Wert). Während nun die "significations" als Verweise auf die Außenwelt nicht strukturierbar sind, gilt für die "valeurs" der sprachlichen Zeichen, daß sie "nicht positiv durch ihren Inhalt, sondern negativ durch ihre Beziehungen zu den anderen Gliedern des Systems definiert sind" (Saussure 1967:129).

Die Strukturiertheit der Inhaltsseite kennzeichnet als gemeinsames Merkmal verschiedene semantiktheoretische Ansätze. Der "valeur"-Begriff de Saussure's ging in die Wortfeldtheorie (J.Trier, J.L.Weisgerber) ein, die den Wortschatz einer

Sprache nach inhaltsverwandten Wörtern derselben Wortart gliedert. Solche Wortfelder determinieren die Bedeutung der sie konstituierenden lexikalischen Einheiten. Sie sind von Sprache zu Sprache unterschiedlich organisiert. Neben diesen auf der paradigmatischen Ebene bestehenden Relationen ist der Wortschatz nach E. Coseriu auch syntagmatisch strukturiert, und zwar insofern, als entweder ein bestimmtes Lexem nur mit einem bestimmten anderen Lexem kombinierbar ist oder ein bestimmtes Lexem ein anderes impliziert.

Die komponentielle Semantik geht davon aus, daß nicht nur die Ausdrucks-, sondern auch die Inhaltsseite des sprachlichen Zeichens in kleinere distinktive Einheiten zerlegbar ist. Solche semantischen Merkmale oder Seme lassen sich durch Kommutation ermitteln: Die Unterscheidung "Auto" - "Motorrad" ergibt sich beispielsweise durch den Austausch der Seme "vierrädrig" - versus "zweirädrig", wohingegen sich die anderen Merkmalskomponenten ("Fortbewegungsmittel", "Personentransport", "Motorgetrieben" etc.) nicht verändern.

Diesem Strukturprinzip folgend läßt sich der Wortschatz einer Sprache sowohl nach Gruppen - wie in der unabhängig davon entwickelten Wortfeldtheorie - als auch als Ganzes gliedern. Die generative Transformationsgrammatik (GTG) hat diese Darstellungstechnik insofern übernommen, als hier die Formative im Lexikon durch semantische Merkmalsmatrices dargestellt werden. Hinzugefügt werden Selektionsbeschränkungen bzgl. der Kombinierbarkeit von Sprachzeichen in einem Satz.

Im Unterschied zu künstlichen Sprachen, wo Inhalt und Ausdruck eines Zeichens in einer 1:1 Relation zueinander stehen, sind natürlich-sprachige Zeichen häufig asymmetrisch. Folgende Ausprägungen lassen sich hierbei unterscheiden:

* **Homonymie:** Sie ist dann gegeben, wenn zwei oder mehr Zeichen phonetisch und orthographisch gleich sind, aber verschiedene Inhalte haben. Dabei ist die Grenze zur Polysemie nicht eindeutig zu ziehen. Unter diachronem Aspekt sind Wörter homonym, wenn sie phonetisch identisch sind, aber etymologisch auf verschiedene Wurzeln zurückgehen wie das Verbum "kosten₁" ("einen Preis haben") und "kosten₂" ("abschmecken, versuchen").

Bei synchroner Betrachtungsweise wird das etymologische Kriterium vernachlässigt: "Schloß₁" ("Gebäude") und "Schloß₂" ("Verschluß") gelten hier als eigenständige Wörter, obgleich sie auf eine gemeinsame Wurzel zurückgehen.

* **Homophonie:** Sie liegt dann vor, wenn "verschiedene, sich orthographisch, etymologisch und semantisch unterscheidende Wörter durch phonetisch identische Formen

repräsentiert sind" (Lewandowski 1979.1:266) wie in Wal - Wahl, Lerche - Larche, Mohr - Moor.

* **Homographie:** Homographen sind Wörter, "die grammatisch, etymologisch, semantisch und phonetisch nicht übereinstimmen, (jedoch) durch eine identische Schreibweise repräsentiert sind" (Lewandowski 1979.1:263) wie rasten - rasten, uberlegen (Verb) - uberlegen (Adjektiv), ubersetzen - ubersetzen, modern (Verb) - modern (Adjektiv).

* **Synonymie:** In Lautung und Graphie verschiedene Wörter haben den gleichen Inhalt wie Christbaum - Weihnachtsbaum, Kiefer - Föhre, Vetter - Cousin.

Eine vollständige Synonymie, die darin zu bestehen hatte, daß ein Wort durch ein anderes in allen syntagmatischen Verbindungen ohne Bedeutungsunterschied substituiert werden konnte, begegnet selten und ist meist diatopisch bedingt: Samstag - Sonnabend. In den meisten Fällen liegt teilgleiche Distribution vor.

2.3 Bedeutungsgehalt von Zeichen

2.3.1 Denotat - Konnotat - individuelle Assoziationen

Der Informationsgehalt einer Sprachäußerung läßt sich nach verschiedenen Geltungsbereichen untergliedern (vgl. zum folgenden Herrlitz 1974). Er kann entweder konventionell sein, dh. für alle Sprecher und Hörer in gleichem Maß Gültigkeit beanspruchen (zB. "Mond" als Bezeichnung für einen die Erde umkreisenden Himmelskörper) oder individuelle Assoziationen auf eine Person hervorrufen ("Mond": literarische, emotionale Erlebnisse; physikalische, meteorologische Bezüge etc.).

Konventionell festgelegte Inhalte lassen sich noch dahingehend differenzieren, ob sie generelle oder okkasionelle Gültigkeit besitzen. Mit dem Farbadjektiv "rot" wird beispielsweise auf einen bestimmten Frequenzbereich der Farbenskala referiert. Neben dieser generellen Bedeutung kann mit "rot" in bestimmten Kontexten auch ein okkasioneller Inhalt aktiviert werden, der sich mit "einer bestimmten politischen Richtung angehörend" paraphrasieren läßt.

Die denotative Bedeutung ergibt sich aus der "Summe der generellen Informationen, die von einer Lautkette aktiviert werden", während man unter der konnotativen Bedeutung "die nicht generellen, aber auch nicht nur individuellen Informationen, die von einer Lautkette aktiviert werden" (Herrlitz 1974:22), versteht.

2.4 Pragmatik

N.Chomsky hat die menschliche Sprachkompetenz in den Mittelpunkt seiner grammatiktheoretischen Studien gerückt und deren Erklärung zu einem zentralen Anliegen der GTG gemacht. Er versteht darunter die Fähigkeit eines Sprechers,

"alle richtigen Sätze der betreffenden Sprache zu erzeugen und damit auch beliebig neue, von ihm vorher nicht gehörte Sätze nach den in der Grammatik der Sprache gegebenen Regeln zu bilden, allen Sätzen Strukturen zuzuordnen und auf Grund der Grammatik darüber zu entscheiden, ob ein gegebener Satz in der betreffenden Sprache zulässig (=wohlgeformt, grammatisch richtig) ist bzw. ob und eventuell auch in welchem Grade er grammatisch abweichend (= falsch) ist" (Conrad 1981:135f.).

Damit sind aber die Fähigkeiten eines idealen Sprechers/Hörers noch nicht hinreichend charakterisiert: Sprachäußerungen werden in konkreten Situationen vollzogen, die durch eine Vielzahl von heterogenen Variablen determiniert sind. Um sich darauf entsprechend einstellen, dh. situationsadäquat verhalten zu können, genügt die linguistische Kompetenz allein nicht. Es muß vielmehr noch eine weitere Fähigkeit hinzukommen, die sog. kommunikative Kompetenz (J.Habermas). Die Sprache verfügt neben der linguistischen noch über eine pragmatische Ebene, auf der die Regeln des Sprechhandelns festgelegt sind bzw. werden. Die Pragmatik hat sich nach D.Wunderlich mit folgenden Fragestellungen auseinanderzusetzen:

"Wie stellt man mit Hilfe einer sprachlichen Äußerung eine Beziehung zu anderen Personen her? Wie hält man schon bestehende Beziehungen aufrecht? Wie kann man das Handeln und die Meinungen anderer Personen beeinflussen? Inwiefern lassen sich sprachliche Äußerungen als spezifische Arten von Handlung verstehen? Welches sind die Bedingungen dafür, daß eine Sprechhandlung gelingt oder unter Umständen auch nicht gelingt? Welche Konsequenzen ergeben sich jeweils daraus für die Kommunikationspartner? Wie bezieht man sich in den Äußerungen auf den vorliegenden Situations- und Handlungskontext und wie auf die (durch Tradition, Erziehung, Erfahrung vermittelte) Realität von Natur, Gesellschaft und Arbeitsprozessen?" (Wunderlich 1975:102)

Aus einer Vielzahl von Versuchen, den Gegenstandsbereich der Pragmatik abzustecken, lassen sich drei Hauptgruppen herausfiltern (cf. Schlieben-Lange 1979:11ff.):

2.5 Pragmatik als Lehre von der Zeichenverwendung

Während de Saussure noch von einem dyadischen Zeichenmodell ausgeht, unterscheidet Ch. Morris in Anlehnung an den Philosophen Ch.S. Peirce drei Zeichenrelationen: Die Kombinatorik der Zeichen (Syntaktik), die Relation Zeichen - bezeichnetes Objekt (Semantik) sowie die Beziehung von Zeichen und Zeichenbenutzern (Pragmatik).

Dieses genuin philosophische Konzept ließ sich sprachwissenschaftlich auf einfache Weise parallelisieren, denn die hier angesprochene pragmatische Komponente ist auch bei de Saussure schon insofern angelegt, als er zwischen dem System (langue) einer Sprache und der individuellen Verwendung (parole) durch den Sprecher unterscheidet. Nur ist die parole-orientierte Linguistik zwar immer wieder gefordert, aber von den Strukturalisten als Forschungsgegenstand weitgehend ausgeklammert worden.

Als Reaktion auf Chomskys idealisierten Kompetenzbegriff erwuchs auch innerhalb der GTG die Forderung nach einer Performanztheorie, die folgendes zu klären hatte:

"Was macht Äußerungen akzeptabel, wenn die Kompetenz über die Grammatizität von Sätzen entschieden hat?" (Schlieben-Lange 1979:13)

2.6 Pragmatik als Sprechhandlungstheorie

Im Gegensatz zu den Vertretern der erstgenannten Gruppe, die der linguistischen Kompetenz additiv Sprachverwendungsregeln hinzufügen, wird hier die Systemlinguistik völlig ausgeklammert. Man geht vielmehr davon aus, daß die der linguistischen Pragmatik zugeordneten Regeln nichtsprachlicher Natur sind und in eine Handlungstheorie einzubetten sind. Daß mit sprachlichen Äußerungen Handlungen ausgeführt werden, ist Kernpunkt der von J.L.Austin konzipierten und von J.R.Searle weiter entwickelten Sprechakttheorie. Sie sei an einem Beispiel kurz skizziert:

Mit der Äußerung "Die Sekretärin ist gestreßt" hat ein potentieller Sprecher einen Satz formuliert und damit einen lokutionären Akt vollzogen, der sich wie folgt weiter differenzieren läßt:

- * phonetischer Akt: Produktion von Schallwellen
- * phatischer Akt: die artikulierten Geräusche konstituieren Wortformen, die nach

grammatischen Regeln verknüpft sind

- * rhetischer Akt: er beinhaltet das, wovon gesprochen wird (Referenz) und was darüber ausgesagt wird (Prädikation).

In Abhängigkeit vom situativen Kontext können dieser Äußerung verschiedene Intentionen zugrunde liegen: so kann man einen Kollegen davor warnen, die Sekretarin zu reizen, bzw. ihm raten, sie nicht mit zusätzlicher Arbeit zu belasten oder ihm auch empfehlen, heute besonders aufmerksam ihr gegenüber zu sein. Die mit dem Etwas-sagen vollzogene Redeabsicht (Warnung, Rat, Empfehlung) wird als illokutionärer Akt bezeichnet.

Hat der Sprecher beim Kommunikationspartner die mit seiner Äußerung beabsichtigte Wirkung erzielt, dh. den Sprechakt erfolgreich abgeschlossen, so wurde damit ein bestimmter perlokutionärer Akt (jmd. überreden, jmd. von etwas abhalten etc.) vollzogen.

Bei den genannten drei Aspekten handelt es sich um die verschiedenen Komponenten einer Sprechhandlung. Sie sind an keine Reihenfolge gebunden.

2.7 Pragmatik als Linguistik des Dialogs

Neben sozio- und textlinguistischen Forschungserträgen hat vor allem die Pragmatik einen Wandel in der Erforschung gesprochener Sprache herbeigeführt. Die einseitig grammatische Sehweise wurde abgelöst bzw. ergänzt durch die Fragestellung, wie sich die Struktur von Dialogen ganz allgemein beschreiben läßt und wie Dialogabläufe einzelsprachlich organisiert sind.

Die Dialogforschung untergliedert eine face-to-face Interaktion in drei Phasen (vgl. Berens 1976):

2.7.1 Dialogkonstituierung

In der Eingangsphase des Dialogs, dh. vor dem Eintreten in den Kommunikationsakt, erfolgt die Definition der Situation, die "durch ein System größtenteils gruppen- und gesellschaftsspezifischer Regelabläufe gekennzeichnet ist" (Berens 1976:18). In Abhängigkeit dieser Rahmenbedingungen werden drei Interaktionssituationen unterschieden:

- die vollständige Situation, in der Relevanzbereich und Thema festliegen (Gerichtsverhandlung);
- die unvollständige Situation, bei der zwar der Relevanzbereich klar ist, das Thema aber offen (Sprechstunde);
- die offene Situation, bei der weder Relevanzbereich noch Thema festgelegt sind (Stammtisch).

Für die Dialogkonstituierung sind folgende außersprachlichen Merkmale von Bedeutung:

- Relevanzbereich: Familie, Beruf, Behörden etc.
- Öffentlichkeitsgrad: die Teilnahme an einem Kommunikationsakt ist entweder für jedermann möglich, eingeschränkt möglich oder nur einer bestimmten Personengruppe vorbehalten.
- Themenfixierung: durch Relevanzbereich und/oder Motivation der Partner bedingt
- Kommunikationsmodus: Gesprächstyp (Beratung, Interview etc.)

Dazu kommen folgende sprachlichen Merkmale:

- Dialogeröffnungssignale: Dies sind ritualisierte Sprachelemente, die weitere Äußerungen fordern (Gruß - Grußerwiderung)
- Dialogbereitschaftssignale: ihrer bedienen sich die Dialogpartner, um sich gegenseitiger Aufmerksamkeit zu versichern ("...bitte nehmen Sie Platz", "...ich bin leider etwas in Eile")

2.7.2 Dialogsteuerung

Bei der Analyse der Dialogsteuerung lassen sich zwei unterschiedliche Steuerungshandlungen beobachten:

- * Dialogaufrechterhaltende Steuerungen

Hierzu zählen alle Äußerungen, die sich auf die Zuteilung und Übernahme der Sprecherrolle beziehen, dh. die aktuelle Sprecher- bzw. Hörerrolle festlegen und damit den ungestörten Verlauf des Dialogs gewährleisten sollen.

* Dialogthematische Steuerungen

Darunter sind die Äußerungen zu verstehen, durch die ein aktueller Sprecher einen Hörer zu bestimmten verbalen Handlungen zu bewegen sucht. Sie enthalten somit das eigentlich sinntragende Element des Dialogs. Zwei Arten von Steuerungsakten lassen sich unterscheiden:

• initiiierende Akte

Sie enthalten die Aufforderung des Sprechers an den Hörer, eine spezifische Antwort abzugeben. Dabei besteht eine Erwartungshaltung, die zu befriedigen ist ("... Sie wünschen?").

• respondierende Akte

Sie stehen in engem Zusammenhang mit den initiiierenden Akten und befriedigen die Erwartungshaltung des Sprechers: dabei gibt es allerdings mehrere Grade von Responsivität: "Responsiv" ist ein Akt dann, wenn der Antwortende auf Intention und Inhalt des initiiierenden Aktes eingeht, "teilresponsiv", wenn nur ein Teilbereich beantwortet wird und schließlich "nonresponsiv", wenn weder auf Inhalt noch auf Intention eingegangen wird.

2.7.3 Dialogbeendigung

Für die Beschreibung der Dialogabschlußphase lassen sich sprachliche Merkmale anführen, die sich nach formalorganisatorischen und inhaltlichen Kriterien aufteilen lassen. Formalorganisatorische Merkmale sind Gliederungssignale und dienen der Beendigung eines Dialogs:

* Schlußeinleitungssignale: Angebot des Sprechers an den Hörer, den Dialog zu beenden. Der Hörer muß seine Zustimmung in ähnlicher Form geben.

* Schlußzustimmungssignale: Antwort auf das Angebot zum Abschluß der Interaktion.

* Terminalsignale: Paarige Äußerungen, die nach einem Schlußzustimmungssignal an letzter Stelle in einem Dialog erscheinen. Die Verwendung der stark normierten Signale hängt von der Tageszeit und dem Bekanntschaftsgrad der Interaktanten ab.

Zusätzlich werden häufig die wichtigsten Punkte eines Dialogs am Ende von den Teilnehmern noch einmal zusammengefaßt und zum Abschluß gebracht. Solche inhaltlichen Merkmale sind ua.:

- * Interne/externe Legitimierung: Versuch einer Rechtfertigung, entweder subjektiv oder durch die äußeren Umstände der Situation begründet.
- * Resümee: zusammenfassende Schlußbemerkung
- * Wertschätzung/Dank: Dank usw. an den Partner für seine Teilnahme an der Interaktion
- * Vereinbarungen: Terminfestlegung für ein weiteres Treffen etc.
- * Ratschläge/Wünsche.

2.8 Definition der semantischen und pragmatischen Moduln im System

Die Kommunikation mit einem automatischen Auskunftssystem kann als spezifische Redekonstellation aufgefaßt werden, in der Relevanzbereich und Thema (vgl. 2.7.1) festliegen. In dieser Textsorte sind eine Reihe verschiedener Bedeutungsaspekte zu analysieren: Als "Handlungssinn" einer Äußerung wird die kommunikative Intention bezeichnet, die der Sprecher damit verfolgt. Diesen Sinn kann eine Äußerung nur erfüllen, wenn ihr ein bestimmter sachlicher Gehalt zugrundeliegt. Dieser wird durch eine entsprechende formale Ausprägung (Formulierung) inhaltlicher Beziehungen nach den Regeln der Einzelsprache zum Ausdruck gebracht, die die zugrundeliegenden Inhaltsstrukturen (Bedeutungen) in die konkrete Gestalt von Oberflächenstrukturen (grammatische Gebilde) umformen.

Im Sinne der vorgestellten textlinguistischen Konzepte lassen sich diese Bedeutungsaspekte als verschiedene Ebenen der Kohärenz auffassen. Ihre Untersuchung definiert die Aufgabe der semantischen und pragmatischen Wissens-Moduln im System. Im Anschluß an oben vorgetragene linguistische semantische und pragmatische Analyse-Aspekte werden drei Moduln spezifiziert, deren Abgrenzung sich folgendermaßen vornehmen läßt:

Der SEMANTIK-Modul

Die Inhaltsstruktur einer Äußerung ist Gegenstand der Analyse im Semantik-Modul. Dabei wird vom kommunikativen Aspekt (der Dialogsituation) sowie vom thematischen Kontext des Satzes abstrahiert und der Satz als isolierter (Teil-)Text unabhängig

von seiner Verwendung betrachtet. Aus der Sicht des Semantik-Moduls ist ein Satz ein sprachliches Gebilde, das nach den Regeln des Sprachsystems aufgebaut wurde, um "Sachverhalte (in der Welt) als Propositionen (in der Sprache) auszudrücken" (Götttert&Herrlitz 1977:19f). Die logisch-semantische Beziehungsstruktur in einer solchen Proposition und der inhaltliche Zusammenhang zwischen den einzelnen Ausdrücken, die syntagmatisch kombiniert wurden (Isotopie, vgl. 2.1.3.3), umreißen die semantische Betrachtungsweise eines Satzes.

Als Elemente des Sprachsystems werden hierbei die lexikalischen Wortbedeutungen in Form semantischer Merkmale (vgl. 2.2 "komponentielle Semantik") daraufhin untersucht, wie sie durch die Anwendung von Kombinationsbeschränkungen ("Selektionsregeln") aus dem Kontext disambiguiert und in eine logisch-semantische Struktur integriert werden können.

Der PRAGMATIK-Modul

Die anwendungsunabhängige semantische Bedeutungsstruktur wird auf dem Hintergrund allgemeinen Weltwissens und Gegenstandsbereichs-spezifischen Wissens (IC) als Ausdruck eines Sachverhalts in der realen Welt interpretiert. Dieses Wissen umfaßt zB. den Umgang mit Uhrzeit und Kalender, aber auch bestimmte Einzelheiten der IC-Welt, wie zB. die Berechnung von Fahrpreisen. Die Untersuchung der thematischen Kohärenz eines Textes ist die Aufgabe des Pragmatik-Moduls, der mit seinem Weltmodell den Gegenstandsbereich des Auskunftssystems realisiert. Seine Sicht auf eine Benutzer-Äußerung läßt sich auch als **sachbezogen** umschreiben.

Der DIALOG-Modul

Die **partnerbezogene** Interpretation einer Äußerung im Dialogzusammenhang wird vom Dialog-Modul vorgenommen. Er untersucht den (illokutionären, vgl. 2.6) Sprechakt-Aspekt der Äußerung. Neben der Dialog-Geschichte zieht er Faktoren des situativen Kontextes ("Situationalität eines Textes" nach 2.1.1) und Annahmen über den Dialogpartner zur Interpretation hinzu, um die Referenz- und Konsequenz-Anweisungen des Textes zu befolgen. Er stützt sich dabei auf Wissen über normierte Dialog-Situationen, Handlungsschemata und Gesprächsstrategien, um kommunikative Ziele zu erreichen ("Intentionalität eines Textes").

Abb.2-1 gibt die Aufgabenteilung der semantisch-pragmatischen Analyse zwischen den drei Modulen wieder:

	<i>SEMANTIK</i>	<i>PRAGMATIK</i>	<i>DIALOG</i>
<i>Aufgabe</i>	<i>Beschreibung der logisch-semantischen Struktur eines Satzes</i>	<i>Interpretation einer Äußerung auf dem Hintergrund des Weltwissens</i>	<i>Dialogsteuerung</i>
<i>Wissen</i>	<i>Lexikalisches Wissen Selektionsregeln (Sprachsystem)</i>	<i>Modell des Gegenstandsbereichs allgemeines Weltwissen</i>	<i>Dialogschemata insbes. Modell der System-Anwendung (Auskunft) Dialog-Gedächtnisse</i>

Abb. 2-1: Abgrenzung der semantisch-pragmatischen Moduln

3 Semantische Netzwerke als Medium zur Wissensrepräsentation

3.1 Wissensrepräsentationsformalismen – eine kurze Übersicht

Die "Intelligenz" der Artificial Intelligence-Systeme ist im wesentlichen eine Funktion des Wissens, das in ihnen inkorporiert ist. Die Art, wie von diesem Wissen Gebrauch gemacht werden soll, kann wiederum die Form seiner Repräsentation beeinflussen, zumindest ist die Effizienz der intendierten Verarbeitungsprozesse von der Form der Darstellung sicherlich nicht unabhängig. Zur Modellierung von Wissen in AI-Systemen wurde eine ganze Reihe mehr oder weniger unterschiedlicher Formalismen entwickelt, die hier nur kurz charakterisiert seien (einen Überblick geben zB. N.J.Nilsson (1980), T.Winograd (1977: lecture 3), R.J.Brachman&H.J.Levesque (1983)):

a) Frames und frame-basierte Repräsentations-Sprachen

Eine wesentliche Rolle spielt der von M.Minsky vorgeschlagene frame-Ansatz. Mit seinem Artikel "A Framework for Representing Knowledge" (1975) veröffentlichte M.Minsky einen der einflußreichsten und meist-zitierten Beiträge auf dem Gebiet der Wissensrepräsentation. Er schuf die Grundlage für die Entwicklung einer ganzen Klasse von Repräsentationsformalismen, die sich vorwiegend an kognitiven Modellen orientierten und den Schwerpunkt weniger auf logische oder mathematische Aspekte legten.

Frames sind komplexe Datenstrukturen zur Darstellung stereotyper Objekte und Situationen. Sie können als Schablonen oder Prototypen betrachtet werden, die für die an der stereotypen Situation beteiligten Objekte "slots" (Leerstellen) vorsehen. Für die Belegung der Leerstellen lassen sich Vorannahmen ("defaults") treffen. Daneben sind eine Reihe von Informationen mit einem frame verknüpft, die unter anderem angeben, wie es benutzt werden kann, oder wie verfahren werden soll, wenn etwa in der beschriebenen Situation Unvorhergesehenes eintritt.

Die Vorteile frame-basierter Wissensrepräsentations-Sprachen werden zB. von T.Winograd (1975) diskutiert. Für die Anwendung von frames in AI-Systemen seien zwei Beispiele genannt:

D.G.Bobrow und seine Mitarbeiter (1977) entwickelten mit GUS ein Dialogsystem zur Reiseplanung, das auf einer frame-ähnlichen Repräsentation aufbaut.

M.Stefik (1979) und P.Friedland (1979) verwenden eine frame-basierte Darstellungsform in ihrem System zur Planung molekulargenetischer Experimente.

Scripts (R.C.Schank und R.P.Abelson (1977)) sind frame-ähnliche Strukturen zur Darstellung stereotyper Handlungsabläufe und weitgehend konventionell geprägter Situationen. Sie wurden insbesondere eingesetzt für ein System zum automatischen Verstehen kurzer Erzählungen, das Fragen über die Texte beantworten und Schlußfolgerungen ziehen kann.

Die frame-Sprache FRL wurde von R.B.Roberts und I.P.Goldstein (1977) entwickelt und in einem System zur automatischen Terminplanung (Goldstein&Roberts (1979)) eingesetzt. Die in FRL vorgesehene Information zu einem slot umfaßt insbesondere Kommentare zum Ursprung einer slot-Belegung, Vorannahmen über slot-Werte, Einschränkungen des Wertebereichs für einen slot und angebundene LISP-Prozeduren, die automatisch oder bei Bedarf angestoßen werden.

KRL-0, bzw. ihre Weiterentwicklung KRL-1, ist eine frame-basierte Wissensrepräsentations-Sprache, die von D.G.Bobrow und T.Winograd (1977a) vorgeschlagen wurde und in ihrem Anspruch weit über FRL hinausgeht. (Zur Diskussion darüber vgl. Bobrow&Winograd (1977b), Lehnert&Wilks (1979) und Bobrow&Winograd (1979)).

Ein Schwerpunkt bei KRL liegt auf Problemen des Vergleichs, bzw. der Abbildung zwischen frames ("matching"). Daneben unterstützt das System die Abgrenzung von "Kontext"-Räumen, die eingesetzt werden können, um den Brennpunkt der Analyse jeweils auf einen eingeschränkten Bereich des momentan interessanten Wissens konzentrieren zu können ("attention focusing"). Durch Beschreibungen anderer Objektbeschreibungen innerhalb des Formalismus kann Meta-Wissen (Wissen über die Wissensbasis) integriert werden.

b) Prädikatenlogik

P.J.Hayes (1977, 1980) untersucht die Verwandtschaft frame-basierter Repräsentation mit der **Prädikatenlogik**. Für ihn stellen frames wie semantische Netzwerke syntaktische Varianten der Prädikatenlogik erster Ordnung dar.

c) Semantische Netzwerke

Der Netzwerk-Ansatz läßt sich auf verschiedene Ursprünge zurückverfolgen. Allgemein gesprochen kann jede graphische Repräsentationsform, die Objekte in Knoten und Relationen zwischen diesen in Kanten codiert, als **Semantisches Netz** bezeichnet werden. Verschiedene Typen von Netzen werden in (Findler (1979)) vorgestellt.

Während frühe Ansätze noch an verschiedenen Inadäquatheiten litten, konnten sich Semantische Netze durch neuere Forschungen zu einem vielseitigen Repräsentationsmedium entwickeln, das in vielen AI-Systemen Anwendung findet. Hierzu gehören unter anderem Systeme zur Verarbeitung natürlicher Sprache (zB. Walker (1978), section 3), zum Management von Datenbanken (Mylopoulos et al. (1975)) oder zur Repräsentation geologischen Wissens (Duda et al. (1978)). Die Verwendung Semantischer Netze in der Sprachverarbeitung diskutiert auch R.F.Simmons (1973).

Die historische Entwicklung des Ansatzes wird in 3.3 skizziert, theoretische Grundlagen eines speziellen Formalismus, der **Strukturierten Vererbungsnetze**, werden in 3.4 dargelegt.

d) Weitere Repräsentationsformen

Neben frame- und Netzwerkformalismen wurden noch eine ganze Reihe anderer Schemata entwickelt, die hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt sein sollen, da sie mit dem in unserem System verwendeten Ansatz nur wenig gemein haben. Dazu gehört insbesondere die prozedurale Repräsentation in Form von Produktionensystemen (eine Übersicht gibt Waterman&Hayes-Roth 1978), sowie in speziellen AI-Sprachen wie etwa PLANNER (Hewitt 1971) oder C.Hewitts ACTOR-Formalismus (Hewitt 1973).

3.2 Spezielle Probleme der Wissensrepräsentation in AI-Systemen

Im Rahmen der zunehmenden Diskussion formaler Aspekte der Wissensrepräsentation seit Woods' Papier "What's in a Link?" (1975, vgl. 3.3.7) wurde mehrfach die These vertreten, frames und Semantische Netzwerke (wie auch andere Formalismen) seien lediglich syntaktische Varianten des Prädikatenkalküls erster Ordnung (FOPC). Die logische Äquivalenz wird üblicherweise dadurch aufgezeigt, daß demonstriert wird, wie jede beliebige Netz- bzw. frame-Struktur auf eine logisch isomorphe FOPC-Repräsentation abgebildet werden kann.

Ein Großteil des Wissens, das in AI-Systemen benötigt wird, kann auch ohne

Schwierigkeiten im FOPC formalisiert werden. Daneben gibt es jedoch verschiedene Arten von Wissen, die der Mensch etwa beim Problemlösen und bei der Interaktion mit anderen üblicherweise einsetzt, die Schwierigkeiten für AI-Systeme im allgemeinen, insbesondere aber für die FOPC-Darstellung mit sich bringen (vgl. zB. Nilsson (1980:422ff), Allen&Frisch (1982), Woods (1975)). Eine Reihe solcher **epistemologischer Probleme** der Artificial Intelligence spricht auch J.McCarthy (1977) an. Gegenüber dem allgemeineren Verständnis des Begriffs "epistemologisch" in der Philosophie beschränkt er sich dabei bewußt auf die Untersuchung der Frage, welche Wissens-Phänomene unter den durch ein System gegebenen Beschränkungen mit den verfügbaren Mitteln erfaßbar sind.

Die Diskussion hat teilweise zur Ablehnung logischer Formalismen für die Modellierung menschlichen Wissens geführt. So vertritt beispielsweise T.Winograd (1980) die Meinung, daß logische Formalismen grundlegend inadaquat für die Behandlung einiger Wissenskonzepte seien, und daß radikal neue Repräsentationsschemata dafür gefunden werden müßten.

Bestrebungen, den Logik-Ansatz grundsätzlich beizubehalten, führten einerseits zu Erweiterungen Logik-basierter Repräsentations-Sprachen um zusätzliche Mechanismen, die die Mängel des FOPC beheben sollten, andererseits zu neuen Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Logik selbst.

3.2.1 Beschränkung der Inferenzen

J.F.Allen und A.M.Frisch (1982) beschreiben eine Logik-basierte Repräsentations-Sprache, deren Entwurf an den speziellen Anforderungen für den Einsatz in einem natürlichsprachlichen Dialogsystem orientiert und direkt auf die dort benötigten Inferenzen zugeschnitten ist.

Sie betonen, daß der FOPC zwar die themenunabhängige Formalisierung von Wissen ermöglicht, die darauf arbeitenden Theorem-Beweiser aber durch eine Vielzahl unerwünschter Inferenzen die für das Sprach-Verstehen wesentlichen speziellen Inferenzen verschleiern. Durch den indexing-Mechanismus und die Unterscheidung verschiedener Kantentypen in einem Semantischen Netz werden dagegen solche gezielten Schlußfolgerungen unterstützt. Analog einem "Retriever" im Netz, der spezielle Kanten verarbeitet (vgl. etwa die SUPERC-Kanten für die Vererbung), entwerfen sie eine spezialisierte Inferenz-Maschine, die gewisse ausgezeichnete Prädikaten-, Funktionen- und Konstanten-Symbole gesondert behandelt. Dadurch wird eine Be-

schränkung der Inferenzen erreicht ("limited inference").

Der Entwurf einer Representations-Sprache besteht dann in der Definition einer kleinen Menge primitiver Prädikate (zB. TYPE und SUBTYPE, vergleichbar dem SUPERCLINK), sowie einer Menge von Axiomen darüber, die in die Inferenz-Maschine eingebaut werden.

Da die Erkennung, wann eine Ableitungsregel auf ein Datum angewendet werden kann, über die Form des Datums läuft, ist eine geeignete Codierung der Fakten eine wesentliche Voraussetzung für das effiziente Funktionieren der Inferenz-Maschine. So werden etwa All-Aussagen der Art "Bilder sind Muster" nicht in Form All-quantifizierter Formeln dargestellt:

$$\forall x \text{ Bild}(x) \rightarrow \text{Muster}(x)$$

, sondern zB. durch ein Prädikat SUBTYPE:

$$\text{SUBTYPE}(\text{Muster}, \text{Bild}) .$$

Das Prädikat TYPE stellt die Element-Beziehung zu einer Klasse dar. Zwei Axiome über die Prädikate TYPE und SUBTYPE sind nötig, um daraus Inferenzen ziehen zu können:

1) SUBTYPE ist transitiv:

$$\forall t_1, t_2, t_3 \text{ SUBTYPE}(t_1, t_2) \wedge \text{SUBTYPE}(t_2, t_3) \\ \rightarrow \text{SUBTYPE}(t_1, t_3)$$

2) Jedes Element eines gegebenen Typs ist Element all seiner Supertypen:

$$\forall o, t_1, t_2 \text{ TYPE}(o, t_1) \wedge \text{SUBTYPE}(t_1, t_2) \\ \rightarrow \text{TYPE}(o, t_2)$$

Durch die enge Kopplung zwischen Primitiva und Inferenzen kann die Klarheit und Übersichtlichkeit der logischen Darstellungsform beibehalten werden, jedoch verbunden mit den Vorzügen, die das Semantische Netz bei der Suche bietet.

3.2.2 Nicht-monotone Logik

Als einer der wesentlichsten Versuche, die Semantiktheorie der traditionellen Logik zu erweitern, seien die Arbeiten zur nicht-monotonen Logik ("non-monotonic logics") zB. von G.J.Sussman, J.Doyle und ihren Mitarbeitern genannt (de Kleer et al. (1979), McDermott&Doyle (1980), vgl. auch McCarthy (1977)).

Ein wesentliches Problem in AI-Systemen stellt sich mit der Darstellung von "commonsense knowledge", das mit dem deutschen Wort "Alltagswissen" wohl nur annähernd umschrieben ist. Gemeint ist Wissen, das sich jedermann durch praktische Lebenserfahrung im Alltag erwirbt, im Gegensatz zu spezialisiertem Fachwissen, das sich der Experte durch ausführliches Studium aneignet. Dieses Alltags- oder Allgemeinwissen umfaßt beispielsweise eher grobe, unscharfe Konzepte von Ursache und Wirkung, Raum und Zeit, die insofern Schwierigkeiten bei der Repräsentation bereiten, als sie meist keine absolut gültigen Fakten, sondern eher "üblicherweise zutreffende" Heuristiken wiedergeben, die auf **unsicheren, unvollständigen** oder **unbestimmten** Daten basieren. Während eine prädikatenlogische Wissensbasis eine Sammlung von Fakten darstellt, die jedes für sich wahr sind, ist ein Großteil des Alltagswissens **inexakt** in dem Sinn, daß die Fakten und Regeln, sowie die daraus resultierenden Schlüsse nur annähernd wahr sind.

Der Mensch ist in der Lage, auch auf der Grundlage unsicherer Fakten und Regeln zu brauchbaren Schlüssen zu alltäglichen aber auch spezialisierten Fragen zu gelangen. Mitunter verstellen sogar zuviele Details eher den Blick auf den für die konkrete Problemstellung einzig relevanten Aspekt. So sind unter Umständen präzise mathematische Modelle der physikalischen Eigenschaften von Flüssigkeiten, Gasen und Festkörpern zu ausgefeilt und schwerfällig, um alltägliches Schlußfolgern wirkungsvoll zu unterstützen. McCarthy führt hierzu als Beispiel an, daß höchstwahrscheinlich niemand - nicht einmal unbewußt - komplizierte hydrodynamische Simulationsberechnungen durchführt, bevor er ausweicht, wenn jemand eine Tasse heißen Kaffee verschüttet.

Aus ähnlichen Überlegungen fordert P.J.Hayes (1978a) die Formalisierung fundamentalen commonsense-Wissens über die physikalische Alltagswelt ("naive physics"): über Objekte, Formen, Raum, Bewegung, Zeit, feste und flüssige Substanzen, etc. Einen ersten Ansatz dazu stellt seine Formalisierung der Eigenschaften von Flüssigkeiten (1978b) dar.

Mit der Modellierung von Alltagswissen über räumliche Verhältnisse befaßt sich

B.Kuipers (1978, 1979).

Die Unvollständigkeit der Wissensbasis zwingt mitunter zum Rückgriff auf **default-Annahmen**, die zB. in der frame-Theorie eine wesentliche Rolle spielen. (Die Nutzung von default-Information wird ua. diskutiert von Bobrow&Winograd (1977a), auch von Reiter (1978)).

Inferenzen der Form: "Nimm an, daß X gilt, solange nicht $\neg X$ bewiesen werden kann" wurden in der nicht-monotonen Logik versucht zu formalisieren. Ihr Gegenstand sind **"provisorische Inferenzen"**, die durch vollständigere Information wieder rückgängig gemacht werden können. D.McDermott und J.Doyle (1980) diskutieren die historische Entwicklung dieses Ansatzes, schlagen einen eigenen Formalismus vor und beweisen seine Vollständigkeit und Korrektheit.

Eines der großen Probleme, die nicht-monotone Inferenzen mit sich bringen, besteht darin, zu verhindern, daß widersprüchliche Fakten in die Datenbasis gelangen (**"truth maintenance"**, vgl. Doyle (1979), Stallman&Sussman (1977)). Um die Konsistenz der Daten zu gewährleisten, müssen bei jeder Änderung des Wahrheitsgehaltes eines Faktums alle abgeleiteten Daten geändert werden, bei Aufnahme eines neuen Datums alle diejenigen Daten überprüft werden, die unter der Annahme vorläufig abgeleitet wurden, das neue Datum sei nicht wahr.

3.3 Die historische Entwicklung des Netzwerk-Formalismus

Semantische Netzwerke stellen ein relativ altes Repräsentationsmedium dar, erwiesen sich jedoch als sehr anpassungsfähig an verschiedene neue Strömungen in der Artificial Intelligence. Allen Ansätzen sind dennoch die wesentlichen **Charakteristika** des Netzwerk-Ansatzes gemeinsam:

Der Schwerpunkt der Darstellung liegt auf der Struktur des modellierten Wissensbereichs. Die Repräsentation ist primär auf die Abbildung von Assoziationsstrukturen hin ausgerichtet. Alle Information, die zu einem Objekt gehört, ist im Netz direkt durch Kanten mit dem Knoten, der das Objekt repräsentiert, verknüpft. Durch diese Gruppierung von Information unter den beteiligten Objekten ergibt sich eine Art Index-Struktur, die den direkten Zugriff auf Fakten über die betroffenen Größen unterstützt. Im Gegensatz zu einer rein linearen Auflistung von Fakten einer Datenbasis läßt sich in einer solchen **"objekt-zentrierten"** Repräsentation das Retrieval weit effizienter organisieren.

Ein anderer Vorteil des Netzes besteht darin, daß durch die Unterscheidung zwischen verschiedenen Kantentypen und somit zwischen verschiedenen Arten von Verknüpfungen zwischen den Daten der Verarbeitungsprozeß, wie zB. die Suche, auf dem Netz gezielt gesteuert werden kann.

Weitere Merkmale Semantischer Netze lassen sich anhand der historischen Entwicklung aufzeigen:

3.3.1 Die ersten Netzwerk-Systeme

Die ersten Anwendungen gehen auf Forschungen der Kognitiven Psychologie zurück. So entwickelten M.R.Quillian (1968), J.Anderson und G.Bower (1973) sowie D.E.Rumelhart und D.A.Norman (1973) Gedächtnismodelle auf der Basis von Netzwerken.

M.R.Quillian versuchte in seinem Modell, den objektiven Teil von Wortbedeutungen in einer lexikon-ähnlichen Struktur darzustellen. Jedes Wort wird durch einen Knoten repräsentiert, seine Bedeutungsdefinition besteht in einer Reihe von Kanten auf andere Wörter, die spezielle **Attribute** des zu definierenden Begriffs darstellen. Daneben kann ein Wort auch durch einen Verweis auf einen Oberbegriff spezifiziert werden. Das Wissen ist somit in einer **taxonomischen Hierarchie** organisiert, die ihm eine Super/Subklassen-Struktur aufprägt. Eigenschaften werden immer bei dem allgemeinsten Begriff gespeichert, auf den sie zutreffen, was die Repräsentation äußerst ökonomisch aber auch durch ihre Modularität übersichtlich und änderungsfreundlich macht. Durch **Vererbung** können einem Element einer Klasse alle Eigenschaften zugewiesen werden, die in den Superklassen definiert sind und nicht durch explizite Modifikation ausgeschlossen oder undefiniert sind. Mit der hierarchischen Struktur einschließlich Vererbung einerseits, sowie der Darstellung in Attribut/Wert-Paaren andererseits, sind in diesen Netzen bereits zwei wesentliche Merkmale des Ansatzes zu finden, die allen nachfolgenden gemein sind.

3.3.2 Die Unterscheidung Konzept/Exemplar

J.A.Carbone11 (1970) baute in seinem SCHOLAR-System direkt auf Quillians Arbeit auf. Die Datenbasis enthielt geographisches Wissen über Sudamerika und brachte einige neue Merkmale in den Netzwerk-Formalismus ein. Mit der Unterscheidung zwischen **Konzept** ("concept unit") als abstrakter Beschreibung von Objekten einer

Klasse und Exemplar ("example unit") als Beschreibung eines bestimmten Individuums dieser Klasse wurde die in der Philosophie bekannte Unterscheidung zwischen Intension und Extension wieder aufgegriffen.

Eine andere Erweiterung der Machtigkeit des Formalismus brachte die Einführung prozeduralen Wissens in das Netzwerk, das bis dahin eine rein deklarative Struktur war. Nun konnten mittels beliebiger LISP-Funktionen, die den Objekten im Netz assoziiert waren, nicht deklarativ spezifizierte Attribute bei Bedarf aus anderen Attributen abgeleitet werden.

3.3.3 Kasusrelationen

Auf dem Gebiet der sprachverarbeitenden Systeme hatten die Arbeiten C.J.Fillmores (zB. 1967, 1968, 1977) über die Kasustheorie großen Einfluß. In Semantischen Netzen schlug sich die Theorie insofern nieder, als sich Kasusstrukturen zur Darstellung mehrstelliger Relationen gut eignen, während bei der Abbildung von Relationen auf einfache Kanten eine Zerlegung mehrstelliger Prädikate in zweistellige erforderlich wird, was häufig künstlich wirkt und nicht sehr effizient zu verarbeiten ist.

Die Kasustheorie stellt den Kern einer Satzaussage, die Proposition, durch einen zentralen Verbknoten und eine Reihe davon abhängiger semantischer Relationen, die Tiefenkasus, dar. Da angenommen wird, daß die Kasus auf eine relativ kleine feste Anzahl beschränkt sind, und da die Verbzentriertheit des Ansatzes der Objektzentriertheit des Netz-Formalismus entgegenkommt, sind solche Kasusstrukturen leicht in Semantische Netze integrierbar. Die Verben werden auf Konzepte abgebildet, in denen die Kasus als Attribute fungieren. Kasusrelationen fanden Eingang in die Systeme zB. von R.F.Simmons (1973), G.G.Hendrix (1975a) und D.E.Rumelhart & D.A. Norman (1973).

Als eine weitere Modifikation enthalten diese Systeme neben Konzepten, die Ereignisse repräsentieren, auch solche, die mehrere Ereignisse in ihrem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang darstellen. Diese werden häufig als "Episoden" bezeichnet.

3.3.4 "Conceptual dependency"

Eine kanonische Zerlegung von Ereignissen in primitive Aktionen und Kasus verfolgt R.C.Schank (1975) in seiner Theorie der "conceptual dependency". Dazu definiert er neben dem Konzept der "primitive acts" eine Reihe anderer "Konzeptkategorien", von denen die wesentlichsten zur Darstellung von Objekten, Objektattributen, Raum und Zeit dienen. Zwischen diesen ist jeweils nur eine feste Menge von Relationen erlaubt. Das Kernstück seiner Repräsentation stellen die "Konzeptualisierungen" dar, die auch als Netze interpretiert werden können. Sie werden nach einer festen Syntax aus Exemplaren von Konzepten und Relationen zwischen diesen konstruiert. Durch die Rückführung auf primitive Elemente hofft man, zu einer Darstellung zu gelangen, die unabhängig von der konkreten sprachlichen Realisierung ist.

3.3.5 Partitionierte Netze

Einen Versuch, die Semantischen Netze weitergehend zu strukturieren, stellt G.G.Hendrix' Vorschlag der "partitionierten Netze" (1975b) dar. Er faßt zusammengehörige Netz-Objekte zu Teilbereichen zusammen, die hierarchisch organisiert sind, so daß alles, was in einer Partition sichtbar ist, auch in jeder darunterliegenden Partition bekannt ist. Eine Partition kann als Ganzes wie ein Superknoten angesprochen werden, bzw. auch explizit von der Verarbeitung ausgeschlossen werden. Der Mechanismus erwies sich als besonders nützlich für die Darstellung des Wirkungsbereichs logischer Quantoren und Konnektive, wodurch die Aussagekraft der Prädikatenlogik erster Stufe erreicht wird. Daneben wurden Partitionen eingesetzt zur Modellierung zeitlicher Abfolgen, "möglicher Welten" und zur Definition von "Kontext-Räumen" (zB. P.R.Cohen (1978)).

3.3.6 Eine Hardware-Realisierung

S.E.Fahlman (1979) untersucht die Möglichkeiten einer engen Kopplung zwischen einer Netzwerk-Repräsentation und parallel implementierten Inferenz-Routinen. Durch parallele Verarbeitung wird versucht, die Zugriffe zu beschleunigen und die Suchzeiten unabhängig von der Größe des Netzes zu machen.

3.3.7 What's in a Link? - die Kritik W.Woods

In einem Aufsatz, der Anstoß für viele neuere Forschungen auf dem Netzwerk-Sektor war, kritisierte W.Woods (1975) eine Reihe logischer Inadaquatheiten, an denen die meisten der bis dahin entwickelten Systeme krankten. Hauptpunkt seiner Kritik war die mangelnde Unterscheidung zwischen verschiedenen Aspekten dessen, was in einem Netz in Knoten und Kanten codiert wird. Hinter der Gleichförmigkeit der Darstellung wird häufig die eigentliche Bedeutung verschleiert, die sich dahinter verbirgt. Der Entwurf einer Netzwerk-Sprache darf sich nicht darin erschöpfen, ein Reservoir von Knoten- und Kantentypen und deren Kombinationsregeln (-ihre Syntax-) zu spezifizieren,- insbesondere ist es erforderlich, ihre Semantik, ie. die Verarbeitung und Wirkung der verschiedenen Typen zu definieren.

Vier Punkte der Woods'schen Argumentation seien aufgrund ihrer Bedeutung für weitere Entwicklungen ausgeführt. Sie konzentrieren sich auf die Dichotomien **Intension/Extension**, **Wertbeschreibung/Wertzuweisung** im Rahmen von Attributen, **Attribute/Relationen** und **"assertional/structural links"**.

a) Intension/Extension

Die Unterscheidung zwischen Intension und Extension läßt sich auch umschreiben mit den Termini Sinn/Referenz oder Bedeutung/Denotation, wie sie zB. in der linguistischen Semantikforschung gebräuchlich sind. Mit der Intension eines Begriffs ist eine abstrakte Definition seiner Bedeutung gemeint, eine Charakterisierung von Eigenschaften zum Beispiel, die ein Objekt erfüllen muß, um unter diesen Begriff zu fallen. Die Extension hingegen umfaßt die Menge aller konkreten Objekte, die Ausprägungen des Begriffs sind, also seiner Bedeutungsdefinition genügen.

Woods pladiert dafür, verschiedene Begriffe, bzw. Konzepte, auch wenn sie ein und dieselbe Extension besitzen, in der Wissensbasis als getrennte Entitäten wiederzugeben. Er zitiert das bekannte Beispiel (nach Quine (1961)) der Begriffe "Morgenstern" und "Abendstern", die, obwohl sie auf ein und denselben Himmelskörper Bezug nehmen, doch völlig verschiedene Bedeutungsgehalte konnotieren.

Für die Anwendung in der Artificial Intelligence, wie auch in der Psychologie, ist es darüberhinaus unumgänglich, für rein abstrakte Objekte oder solche, die in der Realität keine oder unbestimmte Entsprechungen haben, Repräsentationen in der Wissensbasis formulieren zu können. Schließlich sollten auch Denk- und Kommunika-

tionsprozesse gerade über solche Objekte Gegenstand der Forschung sein können.

b) Wertbeschreibung/Wertzuweisung zu Attributen

Die Basisstruktur der Semantischen Netze sind Attribut/Wert-Paare. Es zeigt sich, daß in vielen Netzen ganz unterschiedliche Arten von Werten völlig gleichartig dargestellt werden. Eine typische Repräsentation für eine Person umfaßt zB. unter anderem folgende Attribut/Wert-Paare:

John

HAARFARBE: braun
BERUF: Manager
GRÖSSE: 180 cm

Hier handelt es sich um echte Wertzuweisungen an die Attribute. Soll dagegen ausgedrückt werden, daß John größer als 180 cm ist, so wird kein Datum als Wert spezifiziert, sondern ein Prädikat über das Attribut "GRÖSSE" ausgesprochen.

Eine weitere Abstraktion wird schließlich erforderlich, wenn man repräsentieren möchte, daß John größer als Bobby ist:

GRÖSSE: größer_als Bobbys GRÖSSE

Hier werden zwei intensionale Knoten durch die Relation "größer_als" verknüpft. In den beiden letzten Beispielen stellen die Zielknoten, auf die die Attribut-links zeigen, keine konkreten Werte für das Attribut mehr dar, sondern sie beschreiben es in Bezug auf andere Objekte.

c) Attribute/Relationen

Auch die bisher als Attribute bezeichneten Kanten tragen unterschiedliche Semantik. Man vergleiche die Strukturen:

John

GRÖSSE: 180 cm

und

John

TRIFFT: Ellen

Während GROSSE eine Eigenschaft des Objekts angibt, errichtet die TRIFFT-Kante eine Relation zwischen zwei Objekten. Die Vermischung beider Kantentypen in einer Repräsentation ohne weitere Kennzeichnung verkompliziert die Verarbeitung, da beide Typen unterschiedliche Inferenz-Prozeduren erforderlich machen.

d) assertional/structural links

Die Mehrdeutigkeit der Kanten umfaßt einen weiteren Aspekt. So ist zunächst völlig unspezifiziert, was folgende Struktur bedeutet:

Knoten556507

SUPERC: Telefon

MOD: rot

Drei Interpretationen sind denkbar:

- es handelt sich um eine intensionale Repräsentation des Konzepts "rotes Telefon". Dann ist die MOD-Kante Teil der Definition des Konzepts und hat rein strukturelle Bedeutung.
- es handelt sich um die Aussage "Telefone sind rot". Dann wiederum ist die SUPERC-Kante zwar ebenfalls definitorisch, die MOD-Kante jedoch stellt eine Assertion über die Klasse der Telefone dar, definiert sie aber nicht. (Die Frage, wie die All-Quantifizierung dieser Aussage zustandekommt, sei an dieser Stelle ausgeklammert.)
- repräsentiert die Struktur schließlich die Aussage "das Telefon, das durch den Knoten556507 dargestellt wird, ist rot", so sind beide Kanten assertional.

3.4 "Structured Inheritance Networks": ein epistemologisch fundierter Formalismus

3.4.1 Die epistemologische Inadaquatheit früherer Netzwerk-Ansätze

Die von W.Woods (1975) geäußerte Kritik wird von R.J.Brachman (1978b) aufgegriffen und fortgeführt. Anhand der historischen Entwicklung des Ansatzes zeigt er

eine Reihe von Mängeln auf, die insbesondere den frühen Systemen anhafteten und konstatiert eine wachsende allgemeine Unsicherheit, was die Semantik der Semantischen Netze betrifft.

Viele der Veröffentlichungen über die verschiedenen Varianten von Netzen zeigten bereits durch die Formulierung ihrer Interpretation des Formalismus ("was bedeutet es genau, einen Sachverhalt durch eine bestimmte Konfiguration von Kanten und Knoten zu repräsentieren?"), daß hinter den einzelnen Vorschlägen meist sehr individuelle und intuitive Vorstellungen davon stehen, was mit den verschiedenen formalen Mitteln ausgedrückt werden soll. So wurden als Kanten sowohl rein strukturelle Verknüpfungen zwischen den Argumenten logischer Prädikate vorgeschlagen, als auch semantische Rollenbezeichnungen oder Kasus, oder gar Beziehungen zwischen Objekten, von denen angenommen wird, daß sie in der realen Welt vorkommen.

Die Unsicherheit darin, nach welchen Gesichtspunkten die Strukturierung im Netz erfolgen soll, liegt auch an der häufig vagen Definition der Primitiva der Repräsentations-Sprache. Die primitiven Strukturierungselemente, die er zur Verfügung stellt, sind das Charakteristikum eines Formalismus. Brachman selbst bezeichnet sie als "epistemological primitives", bei S.Shapiro finden sich die Termini "structural relations" (1979), bzw. "system relations" (1971). Sind diese in ihrer Bedeutung nur implizit durch die Verarbeitungsroutinen definiert, ist ihre Handhabung unklar und häufig heuristisch.

Zusätzlich verwirrend ist es für den Benutzer, wenn verschiedene Aspekte der Repräsentation, etwa inhaltliche und strukturelle Beziehungen, in einheitlicher Weise dargestellt werden. So sind häufig konzeptuelle Relationen einerseits (zB. "Größe", "Agent", "oberhalb_von", etc.) und die zugrundeliegenden Verarbeitungsmechanismen ("Superclass", "member", "is_when", etc.) ohne Unterscheidungsmöglichkeit mit denselben formalen Mitteln ausgedrückt. Durch diesen Mangel und die ständige Erweiterung des Formalismus, zB. um prozedurale Information, wurde schließlich der epistemologische Status der Repräsentation immer zweifelhafter.

3.4.2 Betrachtungsebenen für Semantische Netzwerke

Die kritisierte Inkonsistenz vieler Netze führt R.J.Brachman darauf zurück, daß bei der Definition der Primitiva prinzipiell fünf Betrachtungsweisen vermischt werden. Diese fünf Ebenen werden wie folgt charakterisiert:

1) Die Implementierungsebene

Ein Netz kann zunächst betrachtet werden als Implementierungsmechanismus für eine Logik-Sprache. Insofern stellt es im programmiersprachlichen Sinn einfach eine Datenstruktur dar, über deren Semantik zunächst nichts ausgesagt ist. Insbesondere gibt der Formalismus aus dieser Sicht keinerlei Hinweise, wie Wissen sinnvoll zu strukturieren ist.

2) Die logische Ebene

Betrachtet man ein Semantisches Netz als Hilfsmittel, Propositionen abzubilden und insbesondere den Einfluß von Quantoren geeignet darzustellen, so ist die logische Adäquatheit des Formalismus das Hauptkriterium für seine Beurteilung. Dies ist die Ebene, auf der die meisten grundlegenden (theoretischen) Untersuchungen über Netze geleistet wurden. Die stillschweigende Voraussetzung, die von den Vertretern Logik-basierter Netze gemacht wird, ist, daß sich jedes Wissen geeignet nach den Prinzipien der Prädikatenlogik sinnvoll faktorisieren (also, in formale Einheiten zerlegen) läßt. Die Netzstruktur wird dabei nur als nützliches Organisationsschema betrachtet, das das Auffinden von normalerweise nicht-indizierten Prädikatenlogischen Aussagen durch seinen Index-Mechanismus erleichtert.

3) Die epistemologische Ebene

Netze, die auf der epistemologischen Ebene angesiedelt sind, zeichnen sich durch eine kleine und feste Menge von **Strukturierungs-Primitiva** aus, deren Semantik explizit definiert ist. Aus diesen ist jede Repräsentation aufzubauen. Insbesondere ist es dem Benutzer nicht erlaubt, neue Kanten- oder Knotentypen einzuführen. Nur durch Festlegung einer wohldefinierten Menge von Primitiva ist es möglich, die konsistente Interpretation durch die verarbeitenden Prozesse zu gewährleisten.

Entscheidend ist, daß es auf dieser Ebene nicht darum geht, **inhaltliche** Primitiva zu definieren (wie etwa R.C.Schanks primitive Aktionen, s.u.), sondern Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, die den Benutzer bei der **Strukturierung** des Wissens unterstützen. Ein wesentlicher Begriff, der auf dieser Ebene angesiedelt ist, ist die Vererbung. Sie stellt weder einen elementaren Begriff der logischen Ebene dar, noch wird sie durch die Kasusrelationen auf der konzeptuellen Ebene abgedeckt; andererseits wird Vererbung von fast allen Netzen der letzteren vorausge-

setzt.

Der Schwerpunkt der Darstellung liegt auf der intensionalen Beschreibung von Objekten. Die aus dieser Sicht interessanten Relationen sind daher die Beziehungen zwischen Teilen einer Intension und der Intension als ganzer, sowie zwischen den Intensionen als solchen. Um diese Beziehungen präzise formal handhabbar zu machen, wird den Konzepten eine formal feste interne Organisation vorgegeben, die beschreibt, in welcher Weise sich das Konzept aus seinen Attributen oder aus übergeordneten Konzepten bestimmt. Die kleinsten formalen Einheiten epistemologisch definierter Netze sind daher nicht eigentlich Knoten und Kanten, sondern komplexere strukturierte Einheiten, auf denen die Verarbeitungsprozesse wie auf einem komplexen Objekt arbeiten.

4) Die konzeptuelle Ebene

Konzeptuelle Netze sind diejenigen, die im ursprünglichen Sinn "Semantisch" sind. Sie streben eine Darstellung von Wort- und Satz-Bedeutungen an, die jedoch sprach-unabhängig ist. Die extremste Position in dieser Richtung nimmt R.C.Schank ein, der ein relativ begrenztes Repertoire an primitiven Aktionen und Kasus postuliert, mit dem alles natürlichsprachlich formulierte Wissen ausgedrückt werden kann. Allen Netzen dieser Ebene gemein scheint das Vertrauen in den Begriff der Tiefenkasus als das geeignete Mittel, semantische Relationen zu kennzeichnen.

5) Die linguistische Ebene

Die Ebene der linguistischen Netze wird vor allem durch das System OWL vertreten (P.Szolovits et al. (1977)), das auf ganz speziellen sprach-spezifischen (hier englischen) Ausdrucksmöglichkeiten basiert. Das System kann als der "radikalste" Ansatz "Semantischer" Netze im eigentlichen Sinn betrachtet werden, da es keine außersprachlichen Primitiva kennt, sondern durch die Knoten im Netz die Bedeutung natürlichsprachlicher Sätze repräsentiert. Ausgehend von der "Whorfschen Hypothese", die besagt, daß Denken und Weltbild eines Menschen stark geprägt sind durch die Struktur seiner Sprache, spiegelt die Wissensbasis direkt die syntaktische und semantische Struktur des Englischen wieder.

Die folgende Zusammenfassung gibt einen Überblick über die verschiedenen Ebenen und die zugehörigen Primitiva:

Betrachtungsebene	Primitiva
Implementierungsebene	Knoten: Atome Kanten: Zeiger
Logische Ebene	Knoten: Prädikate, Propositionen Kanten: logische Relationen, Operatoren
Epistemologische Ebene	Konzepttypen, konzeptuelle Teilstrukturen Hierarchien, Vererbungsmechanismen
Konzeptuelle Ebene	Primitive Aktionen/Objekte, Kasusrelationen
Linguistische Ebene	Wörter, Konzepte Beziehungen, Ausdrücke

Es wird darauf hingewiesen, daß keine dieser Ebenen unabhängig von den anderen existiert, vielmehr vereinigen fast alle bestehenden Netzwerk-Sprachen Elemente mehrerer Aspekte in sich.

Ausgehend von der Idee der eben definierten verschiedenen Sichtweisen eines Semantischen Netzes leitet Brachman eine Reihe von Anforderungen an Repräsentations-Formalismen ab.

3.4.3 Kriterien für den Entwurf einer Netzwerk-Sprache

Unabhängig davon, welcher Ebene ein Netzwerk angehört, sollte es den folgenden drei Bedingungen so weit wie möglich genügen:

1) Neutralität

Die Primitiva einer Ebene sollten neutral bzgl. der darüberliegenden Ebene sein, also nicht Entscheidungen bzgl. darüberliegender Konzepte vorwegnehmen. Konzeptuell entworfene Netze zum Beispiel müssen linguistisch neutral sein in dem Sinn, daß verschiedene linguistische Systeme darauf aufgebaut werden können.

2) Adäquatheit

Am besten untersucht ist dieser Begriff auf der logischen Ebene. Während logische Adäquatheit ein bekanntes Kriterium darstellt, scheint es noch weitgehend unklar, was es für ein Netzwerk bedeutet, epistemologisch adäquat zu sein. Die Untersuchung dieser Forderung blieb in den bisherigen Systemen fast völlig ausgeklammert.

3) Wohldefinierte Semantik

Einer der Haupt-Kritikpunkte an frühen Netzwerk-Vorschlägen war das Fehlen einer expliziten Definition dessen, was ihre Grund-Elemente bedeuten und welche Operationen darauf ausgeführt werden dürfen. Unter diesem Aspekt haben logisch adäquate Netze einen klaren Vorteil gegenüber allen anderen: mit der Abbildung auf den Prädikaten-Kalkül ist auch eine formale Semantik, die Tarski'sche Wahrheitswerte-Semantik gegeben.

Hingegen ist diese Forderung für linguistische Netze fast unerfüllbar; sie würde eine formale Semantik für die einzelnen natürlichen Sprachen erfordern. Für konzeptuelle Netze wurde eine Formalisierung der Semantik im System von R.C.Schank und C.Rieger dadurch erreicht, daß für jede primitive Aktion die möglichen Inferenzen spezifiziert wurden, die damit die Aktion definieren. Dazu wurden Regeln aufgestellt, wie die Interpretation größerer Strukturen aus den Inferenzen der Teilstrukturen aufgebaut werden kann.

Zur formalen Semantik epistemologischer Netze seien vor allem die Arbeiten von R.J.Brachman selbst genannt. In Brachmann (zB. 1978b) wird für jede elementare Relation zwischen Teilstrukturen ein Kantentyp definiert und dessen epistemologische Bedeutung detailliert beschrieben.

3.4.4 Brachmans Ansatz der "Structured Inheritance Networks"

3.4.4.1 Übersicht

Als Antwort auf die zitierte Kritik in Woods' Artikel "What's in a Link?" stellt R.J.Brachman (1976, 1978a,b, 1979) einen eigenen Netzwerk-Formalismus vor, den er "Structured Inheritance Networks" nennt. Dieser stellt einen Versuch dar, die aufgezeigten Grundlagenprobleme zu lösen. Insbesondere wird die Bedeutung einer epistemologischen Grundlage betont, auf der in konsistenter Weise Repräsentationen für komplexe Objekte aufgebaut werden können.

Brachmans System unterstützt dies durch zwei charakteristische Merkmale: den Begriff einer Menge von funktionalen Rollen, aus denen sich ein Konzept zusammensetzt, und die Darstellung der strukturellen Beziehungen, durch die sie zusammengebunden sind. Anhand der Sprache KLONE (später KL-ONE), einer typischen Repräsentations-Sprache für SI-Netze, wird eine mögliche Notationsweise und eine Reihe von Prozeduren vorgestellt, die auf der Basis von Rollen und Strukturbeschreibungen Instanzen und abgeleitete Konzepte konstruieren.

Besonderen Wert legt Brachman auf die Intensionalität seiner Darstellung -es geht in seinem System stets um die Repräsentation abstrakter Umschreibungen von Begriffen und Objekten, nicht um die Darstellung der Dinge selbst als Extensionen von Begriffen.

3.4.4.2 Konzepte als intensionale Beschreibung möglicher Instanzen

In seinem Aufsatz "What's in a Concept" (1976) versucht R.J.Brachman den Begriff des Konzepts, der in vielen Systemen ohne weitere Erklärung zugrundegelegt wird, scharfer zu fassen. Die Grundidee des Semantischen Netzes bestand zunächst einfach darin, Information in Knoten und Assoziationen zwischen diesen in Kanten zu codieren. Knoten können dabei grundsätzlich für alles stehen, sei es für einzelne Objekte (Elefant26), faktische Aussagen ("Richards Größe ist größer als Stefans"),

Ereignisse ("Norbert trifft Ute"), aber auch für ganze Klassen davon. Klassenzugehörigkeit wird üblicherweise durch Kanten vom Typ `IS_A`, `MEMBER_OF` oder `INSTANCE_OF` angedeutet, deren Bedeutung dem Leser intuitiv klar ist, deren Implikationen für die Verarbeitungsprogramme jedoch nicht unmittelbar ersichtlich sind.

Bei genauerer Betrachtung verschiedener Systeme zeigt sich, daß mit der Verwendung dieser Kante häufig weit mehr ausgedrückt werden soll als Klassenzugehörigkeit. Mitunter faßt man einen Klassenknoten nämlich nicht mehr nur als Repräsentanten für eine Menge auf, sondern als abstrakte Darstellung des zugrundeliegenden **Konzepts**, das die Menge auszeichnet. Diese Sicht von einem Knoten als **Konzeptknoten** verlangt, daß er in irgendeiner Weise erfassen sollte, "was es bedeutet", ein Element der entsprechenden Klasse zu sein. Er sollte zB. zum Ausdruck bringen, welche allgemeinen Charakteristika ein Objekt hat, das als "Elefant" bezeichnet wird, wann es "rot" genannt werden kann oder was eine Aktion wie "Gehen" auszeichnet. Von den Elementen einer Klasse wird dann angenommen, daß sie alle diese im Konzeptknoten verallgemeinerten Eigenschaften auch erfüllen (1).

Diese Bedeutungsverschiebung von der reinen Klassen/Subklassen/Element-Notation auf die intensionale Beschreibung von Konzepten erfordert auch ein geeignetes Ausdrucksmittel in der Representation. Ebenso wie ein Knoten im Prinzip für alles stehen konnte, herrschten bisher sehr unklare Vorstellungen von Konzepten, und ebenso wenig existierte ein logisch adäquates Verfahren, um mittels einer Menge von Kanten, die an einen Knoten gebunden sind, in konsistenter Weise auszudrücken, "was es bedeutet, etwas zu sein".

3.4.4.3 Attribute

Auch wenn es meist der Intuition des Lesers überlassen wurde, was unter einem Konzept zu verstehen ist, so läßt sich zumindest aus den existierenden Implementierungen von Netzen ersehen, daß man allgemein davon ausgeht, ein Konzept könne

(1) Die einzelnen Elemente der Klasse, die ein Konzept repräsentiert, werden gemeinhin als "Instanzen" bezeichnet. Um deutlich zu machen, daß es sich auch bei diesen um intensionale Objekte handelt, ersetzt R.J.Brachman später die Konzept/Instanz-Dichotomie durch die Unterscheidung zwischen "generischen" und "individuellen" Konzepten. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, daß die Representation auch eines individuellen Objekts nur Stellvertreter für die reale Existenz des Objekts in der Welt ist. Nur die Beziehung eines Konzepts zu seiner realen Ausprägung wird in dieser Terminologie noch als Instanziierung bezeichnet.

durch Gruppen von Eigenschaften, Merkmalen, gelegentlich auch Prädikaten, definiert werden.

Die Eigenschaften von Individuen (Instanzen) werden üblicherweise durch Attribut-Kanten beschrieben. Betrachtet man ein Konzept als verallgemeinerte Darstellung aller möglichen Instanzen, so ist es natürlich, diese Notationsweise für Konzepte zu übernehmen. Allerdings werden damit bereits drei Aspekte in ein und derselben Notation vermischt. Neben der Klassenzugehörigkeit (angezeigt durch `INSTANCE_OF`, oder ähnliche Kanten,) wird nun sowohl die **Beschreibung** von Attributwerten in Konzepten als auch die **Belegung** von Attributen in Instanzen in einheitlicher Weise durch Kanten/Knoten-Paare ausgedrückt. Die `INSTANCE_OF`-Kante zeigt jedoch eine Relation **zwischen** Konzept und Instanz an, bewegt sich also rein auf der Ebene der Repräsentation. Attribut-Kanten dagegen sagen nichts über das Konzept selbst aus, sondern sind Teil seines Inhalts.

Um diese Mehrdeutigkeit aufzulösen und eine eindeutige Verarbeitung zu gewährleisten, muß eine (möglichst kleine) Menge primitiver Kantentypen definiert werden, die **explizit** zwischen **Wert-beschreibender** und **Wert-zuweisender** Bedeutung unterscheiden. Diese primitiven epistemologischen Relationen sind die **einzigsten** Relationen, die im Netz direkt als Kanten auftreten, alle inhaltlichen Relationen werden dadurch davon unterschieden, daß sie aus den primitiven Relationen aufgebaut werden.

3.4.4.4 Attribut-Definitionen

Werden im Netz nur noch primitive Kantentypen zugelassen, so kann insbesondere ein Attribut auch nicht mehr als einfache Kante repräsentiert werden. Da auch die Rollen, die die Attribute im Konzept spielen, nun durch eigene Substrukturen dargestellt werden, sind die Attribute selbst komplexe Entitäten im Netz. Soll ein Attribut intensional beschrieben werden, so reicht eine binäre Relation, wie sie bisher durch ein Knoten/Kante/Knoten-Tripel dargestellt werden kann, nicht mehr aus. Beispielsweise bietet das Tripel `(Schreiben HAS_AS_PART Agent)` keinen Raum für die Eingrenzung des Wertebereichs für das `Agent`-Attribut. Um eine ausführliche Attribut-definition zu ermöglichen, wird daher ein spezieller Knoten eingeführt (**role description node**), an dem eine Reihe von Kanten hängt (**role facets**), die zusammen die Definition eines Attributes oder Bestandteils ausmachen. Dieser Knoten ist über eine spezielle Kante, die `DATTRS`-Kante (`define as attributes`), an das Konzept angebunden (Abb.3-1).

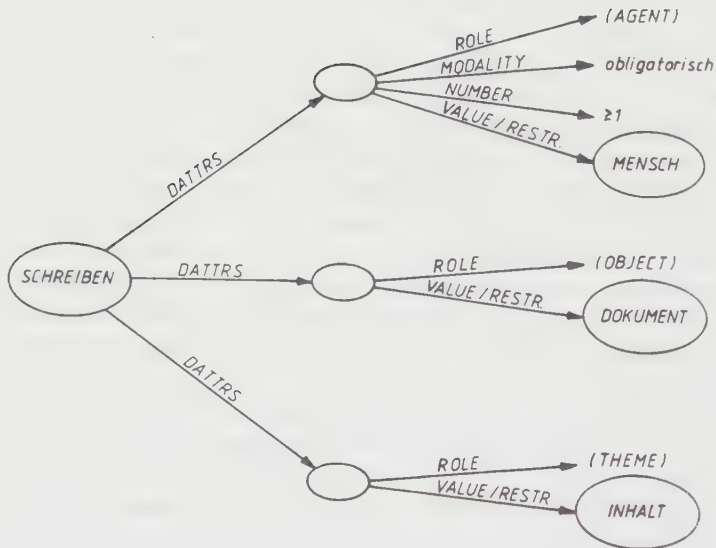


Abb. 3-1: Attribut-Definition

Die Facetten decken folgende Aspekte ab, die in Einzelheiten im Rahmen des eigenen Ansatzes (3.5.3.1) erläutert werden (2):

- * VALUE/RESTRICTION zeigt auf einen Konzept-Knoten, der den Werte-Bereich eingrenzt.
- * ROLE zeigt auf die Definition einer funktionalen Rolle.
- * NUMBER gibt an, wie viele Exemplare des Attributs eine Instanz besitzen kann.
- * MODALITY gibt die Bedeutung des Attributs für das Konzept an.

(2) Im Laufe ihrer Entwicklung machte die Syntax von KLONE geringfügige terminologische Änderungen durch. Da es hier in erster Linie um die Präsentation der zugrundeliegenden Ideen geht, beschränken wir uns auf die Darstellung der Notation in Brachman (1976), die derjenigen in unserem eigenen System am nächsten ist.

* DEFAULT spezifiziert eine Vorbesetzung für das Attribut.

Mit diesem Mechanismus können allgemeine **funktionale Rollen** definiert und von anderen Konzepten referenziert werden. Zum Beispiel läßt sich der Tiefenkasus "Agent", der in vielen verbalen Konzepten auftritt, auf diese Weise explizit erklären; alle Konzepte, die eine "Agent"-Rolle haben, zeigen mit DATTRS-Kanten auf diese Definition.

3.4.4.5 Instanzen

Während ein (generisches) Konzept als Prototyp für die Elemente einer Klasse aufgefaßt werden kann, repräsentiert eine Instanz (bzw. ein individuelles Konzept) ein ganz spezielles einzelnes Objekt dieser Klasse. Betrachtet man ein Konzept als Beschreibung seiner potentiellen Instanzen, so müssen, nachdem in Konzepten die Attribut-Definition explizit aufgebrochen wurde, jetzt auch Instanzen anders beschrieben werden. (Abb.3-2).

- a) Für jedes belegte Attribut wird, analog der DATTRS-Kante, die auf die Attribut-Definition verweist, eine ATTRS-Kante eingeführt, die auf einen speziellen Knoten ("role filler node") zeigt.
- b) Während im Konzept das VALUE/RESTRICTION-link der Beschreibung des Attributs dient, wird nun in der Instanz der aktuelle Attribut-Wert über eine VAL(u-e)-Kante an den "filler"-Knoten angebunden.
- c) Die Bedeutung der Attribute wird weiterhin durch ihre Beschreibung im Konzept, insbesondere die Strukturbeschreibung, festgelegt. Um diese enge Verknüpfung wiederzugeben, wird zunächst die Instanz über eine INSTANCE_OF-Kante mit dem zugehörigen Konzept assoziiert (3).
- d) Daneben wird von jedem "role-filler"-Knoten (das sind die Knoten, auf die ATTRS-Kanten zeigen und an denen die Werte hängen,) mit einer INSTANTIATES-Kante auf die entsprechende Attribut-Definition im Konzept verwiesen.

Mit diesen Kanten ist die geforderte Unterscheidung zwischen Definition und Asser-

(3) Diese Kante wird später mit "Individuates" bezeichnet.

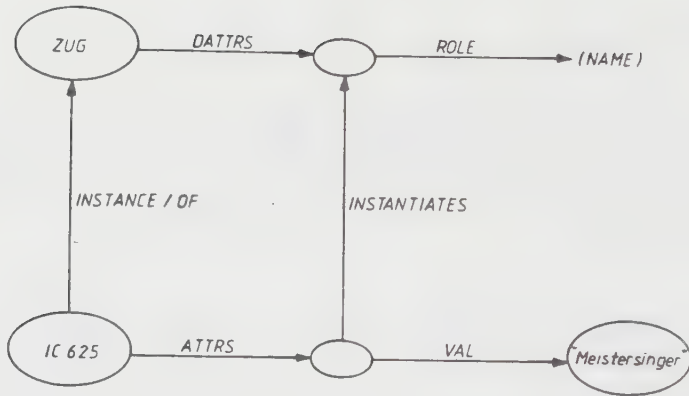


Abb. 3-2: Interne Instanz-Struktur

tion geleistet. Allein die INSTANCE_OF-Kante hat weiterhin zweifache Bedeutung: Neben der impliziten Aussage, daß die Instanz existiert, dient sie als Weg für die Struktur-Vererbung vom definierenden Konzept auf die Instanz.

3.4.4.6 Strukturelle Beziehungen der Attribute

Um ein Konzept auf der Basis seiner Attribute vollständig zu beschreiben, müssen die Relationen und das Zusammenwirken zwischen den Attributen definiert werden. So ist beispielsweise ein zweistelliges Prädikat mehr als nur eine Konstellation zweier Attribut-Werte, hinzu gehört ein Prädikat-„Rumpf“, der die Beziehung zwischen den Argumenten herstellt oder überprüft. Analog ist eine Satzaussage durch die Auflistung der Tiefenkasus nur unvollständig wiedergegeben. Allein das Wissen, daß ein belebter „Agent“ und ein unbelebtes „Object“ aufgetreten sind, sagt noch nichts über den Prozeß aus, der sich zwischen beiden abgespielt hat.

Zur Notation struktureller Beziehungen wird ein primitiver Kantentyp STRUCTURAL/CONDITION eingeführt. Diese Kante kann auf eine primitive Prozedur zeigen, die auf die Argumente anzuwenden ist, um zB. zu überprüfen, ob das Konzept auf sie zutrifft. Ein Prädikator wie ROT (x) würde etwa so dargestellt werden, was einer impliziten Bedeutungsdefinition entspricht.

Die STRUCTURAL/CONDITION kann daneben auch auf eine Instanz eines Konzepts verweisen, das explizit eine Relation wiedergibt. Dies ist dann sinnvoll, wenn die Relation so allgemein ist, daß sie in verschiedenen Konzepten auftritt. So erlaubt zum Beispiel dieser Mechanismus die explizite Definition von Tiefenkasus.

Die Strukturbeschreibung erfolgt dadurch, daß die Argumente einer Relationen-Instanz mit den Attributen des zu definierenden Konzepts identifiziert werden (Abb.3-3). Die Attribute übernehmen so bestimmte Argument-Rollen in der Relation. Eine solche Instanz wird als "parametric individual" bezeichnet, da die Konzept-Attribute bei der Instantiierung wie Parameter für die Relation wirken. Anstelle eigener Attribut-Werte (VAL-Kanten) werden ihre Attribute mittels "coreferential value"-Kanten an die Konzept-Attribute angebunden.

Abb.3-3 zeigt die Definition der DAUER einer REISE. Sie ist als spezielles INTERVALL beschrieben, dessen VON/BIS-Attribute mit der ABFAHRTSZEIT/ANKUNFTSZEIT der REISE (parametrisch) identifiziert werden. "Parametrisch" heißt die Instanz DAUER, weil ihre Argumente mit den jeweiligen ABFAHRTSZEIT/ANKUNFTSZEIT-Instanzen einer REISE gleichgesetzt werden ("coreferential values"). Die "coreferential instantiates"-Kanten stellen analog der "instantiates"-Kanten die Beziehung zum definierenden Konzept her.

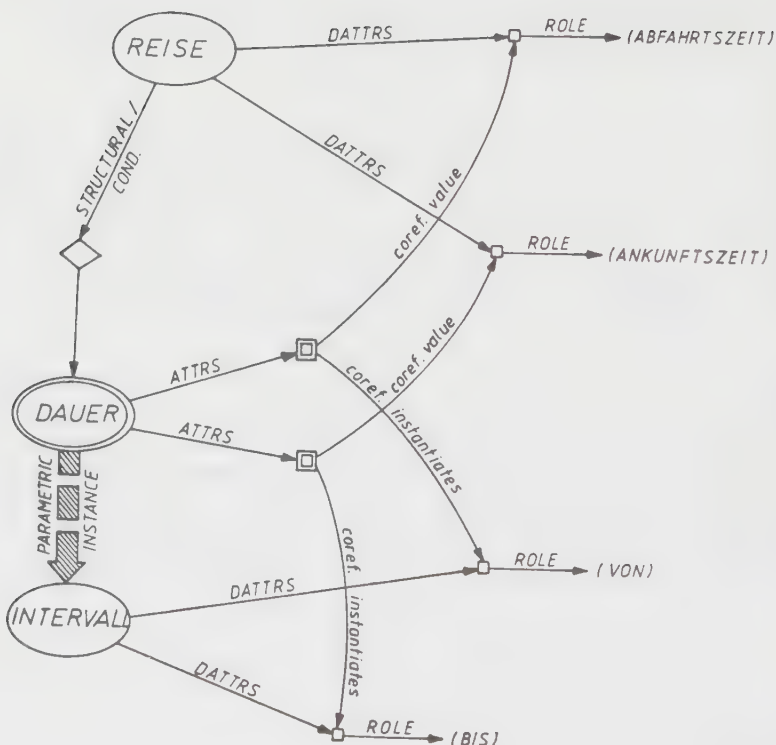


Abb. 3-3: Struktur-Beschreibung (STRUCTURAL/CONDITION)

3.4.4.7 Abgeleitete Konzepte - Konzeptmodifikation

Eine wesentliche Möglichkeit, neue Konzepte zu schaffen, besteht darin, aus sehr allgemeinen Konzepten Subkonzepte abzuleiten, die den Oberbegriff durch **Modifikation** weiter einschränken. Um eine wohldefinierte Repräsentation dieser Subkonzepte zu ermöglichen, muß auch für das Verfahren der Konzept-Modifikation eine klare Trennung zwischen intensionaler Modifikation (Bedeutungsänderung) und kontingenten zusätzlichen Aussagen über ein Objekt vorgenommen werden.

Der bisher vorgestellte Formalismus unterstützt dies, indem er zu Attribut-Definitionen und Strukturbeschreibungen getrennten Zugriff gewährt. Daher lassen sich zunächst zwei Arten der Modifikation unterscheiden:

- Rollen-orientierte Modifikation und
- Struktur-Modifikation.

a) Rollenorientierte Modifikation

Die intensionale Modifikation eines Konzept-Attributs wird dadurch gekennzeichnet, daß es nicht über ein DATTRS-link (‘define as attributes’) in das Konzept integriert wird, sondern über einen neuen Kantentyp DMODS (‘define as modifications’) (Abb.3-4). Zusätzlich wird die Verbindung zum veränderten Attribut im Superkonzept über eine MODIFIES-Kante hergestellt. Sie bewirkt insbesondere, daß sämtliche nicht explizit überschriebenen Kanten auf das modifizierte Attribut vererbt werden.

Veränderungen einer Attribut-Definition können bestehen in:

- einer Erweiterung der VALUE/RESTRICTION,
- der Aufspaltung einer Rolle in mehrere (‘role differentiation’),
- der festen Bindung eines Attributwertes (‘particularization’).

Durch die Verbindung eines modifizierten Konzepts mit seinem Superkonzept in Form des DSUPERC-links wird die gesamte interne intensionale Struktur auch auf die veränderten Attribute vererbt (‘structural inheritance’). Jede Modifikation findet so in einer wohldefinierten strukturellen Umgebung statt.

b) Struktur-Änderung

Umfaßt ein Konzept dieselben Bestandteile oder Attribute wie sein Superkonzept, unterscheidet sich jedoch in der Art ihres Zusammenwirkens, so muß nur die STRUC-TURAL/CONDITION für die Attribute geändert werden. Sie kann dabei weiterhin auf die alten Attribut-Definitionen Bezug nehmen.

c) Analogie zwischen Konzepten

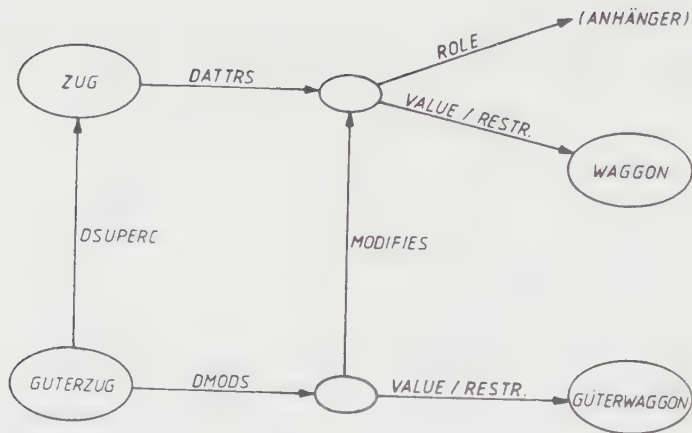


Abb. 3-4: Attribut-Modifikation

Im Gegensatz zur Super/Subklassen-Beziehung können mit dem Konstrukt des "Bruderkonzepts" (DBROTHERC) disjunkte Klassen definiert werden, die sich jedoch weitgehend auf analoge Begriffe zurückführen lassen. Ein Bruderkonzept muß nur in den Attributen neu definiert werden, in denen es sich vom ursprünglichen unterscheidet.

3.4.4.8 Strukturierte Vererbung

Ein charakteristisches Merkmal des Ansatzes besteht darin, daß Vererbung zwischen Konzepten stets die gesamte intensionale Struktur betrifft. Rollen-Definitionen und Struktur-Beschreibungen müssen stets als ganzer Komplex übertragen werden, da sie unabhängig vom Konzept, dessen Bestandteil sie sind, keine Existenz besitzen. Abb.3-5 deutet an, daß es sich bei der Vererbung nicht nur um eine Relation zwischen Konzepten, sondern auch zwischen Rollen und Struktur-Beschreibungen handelt.

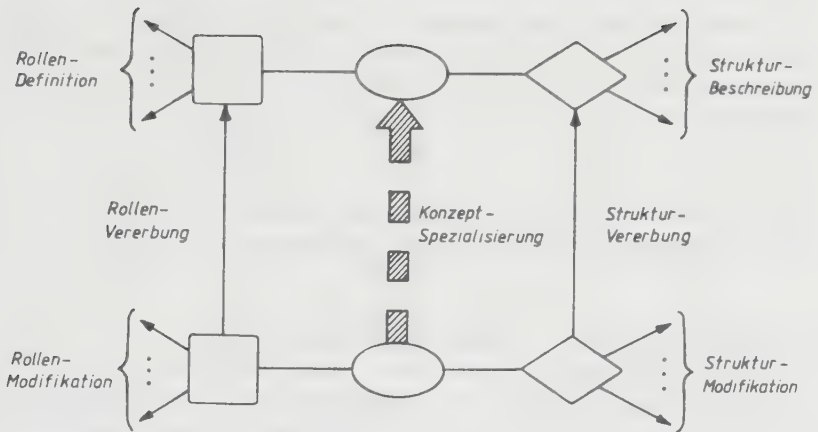


Abb. 3-5: Strukturierte Vererbung

3.4.4.9 "Procedural attachment": Prozedur-Einbindung

In vielen Systemen gibt es die Möglichkeit, mit der Netzstruktur Prozeduren zu assoziieren, die in der Sprache geschrieben sind, in der das System implementiert ist, die also nicht die Netz-Sprache verwenden. Dieses Verfahren wird gebraucht, wenn

- Wissen zu komplex ist, um im Netz ausgedrückt zu werden,
- Meta-Wissen (Wissen über das Wissen) ausgedrückt werden soll,
- oder wenn durch Manipulation der Daten Prozeduren automatisch angestoßen werden sollen.

B.Smith (1978) untersuchte die epistemologische Bedeutung prozeduralen Wissens im Netz. Er unterscheidet zwei Typen:

- **Meta-Beschreibungen** sind Informationen über die Wissensbasis, die in derselben Netz-Sprache encodiert sind wie die Wissensbasis selbst.

- Prozeduren zur **Interpreter-Steuerung** enthalten Informationen für die Verarbeitungsprozeduren. Sie können etwa Hinweise geben, in welcher Reihenfolge Attribute zu verarbeiten sind, oder die Suche im Netz durch heuristische Information steuern.

In der Sprache KLONE ist die Integration von Meta-Wissen über ein "meta-hook", von Interpreter-Direktiven über ein "i-hook" vorgesehen.

3.5 Semantische Netzwerke im Erlanger Spracherkennungsprojekt

Zur Darstellung des Wissens für die Semantik- und die Pragmatik-Komponente des Erlanger Systems wurde ein Formalismus für Semantische Netzwerke entworfen, der sich in wesentlichen Charakteristika an den Brachman'schen SI-Netzen orientiert.

Ein grundsätzliches Anliegen beim Entwurf bestand darin, die Struktur der Netze sowie ihre Semantik genau festzulegen, um zumindest die formale Konsistenz soweit wie möglich zu gewährleisten. Die Voraussetzung dazu liefert die Spezifikation einer festen Menge von Knoten- und Kantentypen, deren Verarbeitung und Bedeutung vorgegeben werden kann. Dabei wurde der Vorrat der Kantentypen auf eine Reihe von primitiven Relationen beschränkt, die nur strukturelle Beziehungen zwischen den Entitäten im Netz wiedergeben. Inhaltliche Relationen werden wiederum durch komplexe Strukturen dargestellt. Durch diese Trennung wird der Forderung nach epistemologischer Klarheit der Repräsentations-Sprache Rechnung getragen.

Im folgenden werden die im Netz definierbaren Objekte und ihre interne Struktur dargestellt. Anhand dessen werden die zur Verfügung stehenden Sprachmittel und deren Bedeutung für die Verarbeitung eingeführt.

3.5.1 Die elementaren Netz-Objekte: Konzepte, Instanzen, Attribute

Die Grundstrukturen im Semantischen Netz werden als Konzepte und Instanzen bezeichnet. Beide setzen sich aus Attributen zusammen, worunter wir sowohl Bestandteile als auch charakteristische und zusätzlich zugesicherte Eigenschaften fassen. Konzepte stellen intensionale Definitionen von Begriffen ("heute") bzw. Klassen von Objekten ("Zug"), Aktionen ("aufstehen") und Relationen ("früher") dar. In-

stanzen dagegen repräsentieren jeweils ein Individuum einer solchen Klasse. Durch Belegung der Attribute mit aktuellen Werten bildet eine Instanz eine individuelle Ausprägung eines Konzepts.

Konzepte können nicht nur durch Neu-Definition, sondern auch durch Ableitung aus einem allgemeineren Konzept, das einen Oberbegriff repräsentiert, aufgebaut werden. Dadurch wird dem Netz eine Generalisierungs/Spezialisierungs-Hierarchie aufgeprägt, in der sämtliche Konzepte organisiert sind. Dabei sind die allgemeinsten Konzepte einem speziellen leeren Konzept, dem "SUPERCONCEPT" untergeordnet.

Ein Konzept bezieht seine Bedeutung aus

- * einer Konfiguration von Attributen, die es charakterisieren,
- * den impliziten Attributen, die es durch seine Stellung in der Konzept-Hierarchie von allgemeineren Konzepten erbt,
- * den Bedeutungs-Änderungen oder -Verfeinerungen gegenüber dem Ober-Konzept, die es von anderen Spezialisierungen eines gemeinsamen Oberbegriffs abheben.

Eine Instanz definiert sich entsprechend durch

- * die Beziehung zu dem Konzept, das ihre Abstraktion darstellt,
- * die aktuellen Werte, die ihre Attribute belegen.

Attribute erfüllen vier unterscheidbare Funktionen:

- * Definition der Rolle, die ihre Belegung im Rahmen des Konzepts spielt,
- * Beschreibung der Relationen, die die verschiedenen Rollen miteinander eingehen,
- * Information über die konkreten Realisierungsmöglichkeiten:
Dazu zählt die Einschränkung der Werte, die diese Rolle annehmen kann, die maximale Anzahl der Realisierungen des Attributs, Voreinstellungen, sowie Berechnungsvorschriften,
- * bzw. in einer Instanz die Konkretisierung der Bedeutung durch Wertzuweisung an eine Rolle.

3.5.2 Relationen zwischen den Objekten

Die einzelnen Netz-Objekte, wie Konzepte, Instanzen und deren Attribute, sind nicht nur intern strukturierten, isolierten Elemente der Wissensbasis, sie werden vielmehr zu einem Ganzen gefügt durch die Relationen, die zwischen ihnen bestehen. Diese werden errichtet durch die verschiedenen Konstruktionsmechanismen für die Repräsentation:

- Konzepte werden in hierarchische Beziehung gesetzt durch die Ableitung auseinander (Konzept-Spezialisierung) und die daraus resultierende Vererbung,
- Konzepte und Instanzen stehen durch die Instantiierung in enger Beziehung,
- Attribute schließlich sind mit den Konzepten dadurch verknüpft, daß sie über die Teil/Ganzes-Beziehung deren Bedeutung definieren, ihre Funktion für Instanzen besteht in der Zuweisung von Werten.

3.5.2.1 Vererbung

Die Strukturierung des Wissens in Form einer Spezialisierungs-Hierarchie setzt voraus, daß die Information höherer Ebenen bei Bedarf auch auf den untergeordneten Ebenen verfügbar gemacht wird. Dieser Mechanismus wird als Vererbung bezeichnet. Jedes Konzept erbt automatisch sämtliche Attribute seiner Generalisierungen, es sei denn, Attribute werden ausdrücklich im Konzept gelöscht oder in einzelnen Facetten überschrieben.

Durch den Vererbungsmechanismus auf der Konzept-Hierarchie wird die Wissensdarstellung im Semantischen Netz sehr ökonomisch und modular. Konzeptuelle Änderungen müssen nur an einer Stelle im Netz explizit vorgenommen werden, alle Erweiterungen werden automatisch an die untergeordneten Konzepte weitergereicht. Der Hauptvorteil der Verteilung der Information zu einem Objekt auf mehrere Ebenen liegt jedoch in der Redundanzfreiheit der Darstellung. Auf jeder Abstraktionsebene werden nur noch die charakteristischen Merkmale eines Objekts direkt repräsentiert, die es von anderen seiner Ebene unterscheidet. Alle weiteren allgemeineren Eigenschaften sind durch die Vererbung implizit gegeben.

Interpretiert man die Hierarchie als eine Organisation des Wissens in jeweils für eine Ebene besonders relevante Aspekte, so läßt sich auch die Verarbeitung ef-

fizienter gestalten. Vergleichs- und Such-Operationen finden auf den einzelnen Abstraktionsstufen zunächst nur die für ein Objekt dieser Ebene relevante und kennzeichnende Information vor und müssen zunächst nur diesen Teil-Aspekt berücksichtigen.

3.5.2.2 Konzept-Spezialisierung

Konzepte erben nicht nur die Eigenschaften und Bestandteile ihrer Generalisierungen, sie müssen sich auch gegen diese in ihrer Bedeutung abgrenzen. Dies kann mithilfe zweier Mechanismen zur Konzept-Definition geschehen:

- * Attribut-Modifikation und
- * Attribut-Differentiation.

Attribut-Modifikation besteht darin, daß einzelne Facetten gegenüber dem entsprechenden Attribut in einem hierarchisch darüberliegenden Konzept geändert werden. Alle außer den explizit überschriebenen Facetten gelten davon unberührt auch im modifizierten Attribut weiter.

Die Änderung kann beispielsweise darin bestehen, ein Attribut von der Vererbung auszuschließen, indem seine Modalität auf "N" ("not") gesetzt wird.

Beispiel:

Ein Intercity-Zug ist ein spezieller Personenzug, der jedoch keinen Gepäckanhänger hat.

Eine andere Form der Modifikation legt die Anzahl der möglichen Attribut-Instanzierungen neu fest: So kann ein Großraumwagen als spezieller Personenwaggon mit 72-88 Sitzplätzen definiert werden.

Die Einschränkung des Wertebereichs auf einen einzelnen konstanten Wert entspricht der "particularization" im Brachman'schen System.

Als **Attribut-Differentiation** wird die Aufspaltung eines Attributs in mehrere neue Attribute eines spezielleren Konzepts bezeichnet. Die Um-Definition gegenüber dem übergeordneten Attribut muß zumindest den Attributnamen umfassen, um die neuen Attribute auseinanderzuhalten. Auch hier werden die nicht explizit überschriebenen Facetten an jedes der neuen Attribute vererbt.

Ein Beispiel für Differentiation liefert die Ableitung des Konzepts "Personenzug" aus dem allgemeineren "Zug". Das Zug-Attribut "Anhänger" wird im "Personenzug" in zwei Attribute aufgespalten:

"Personenanhänger" und

"Gepäckanhänger",

wobei letzteres auch fehlen kann, oder maximal einmal instantiiert wird.

3.5.2.3 Instantiierung

Zur Konstruktion einer Instanz genügt es nicht, den im Konzept definierten Attributen die geforderte Anzahl von Werten aus dem spezifizierten Wertebereich zuzuweisen, da die eigentliche "Bedeutung", die Definition der Attribute und der Struktur, die sie miteinander eingehen, weiterhin im zugehörigen Konzept lokalisiert ist. Die konstruierte Instanz als Konfiguration aktueller Werte muß daher mit der Beschreibung ihrer Rollenstruktur im Konzept verbunden bleiben. Nur durch ihre Zugehörigkeit zum Konzept erhält sie schließlich auch ihre Position in der Begriffs-Hierarchie, ist sie in die Netz-Organisation eingebettet.

Auch Instanzen sind intensionale Objekte, also Beschreibungen von Gegenständen oder Begriffen. Im Gegensatz zu einem Konzept repräsentiert jedoch eine Instanz immer ein Individuum einer Klasse oder eine konkrete Ausprägung eines Begriffs. Die Ausgrenzung eines einzelnen Elements aus einer Klasse kann durch Festlegung variabler Merkmale auf einen konstanten Wert, durch Belegung der Rollen mit konkreten Objekten, oder durch nähere Beschreibung der Bestandteile erfolgen. Daneben können in einer Instanz auch zusätzliche, aber mit der Bedeutungs-Definition konsistente Aussagen getroffen werden, etwa über Relationen, die das Objekt mit anderen eingeht, oder über spezielle Eigenheiten, die an den aktuellen Kontext gebunden sind.

Streng zu trennen von der Instantiierung bleibt jedoch die "Denotations-Beziehung": Sie meint die Relation zum "Bezeichneten", dem zu repräsentierenden Gegenstück in der Realität, dem Urbild in der außersprachlichen Wirklichkeit, und soll an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden.

3.5.3 Interne Struktur der Netz-Objekte

Konzepte, Instanzen und Attribute haben eine vorgegebene interne Struktur, deren Implementation durch Knoten- und Kantentypen festliegt. Für jedes Objekt wird bestimmt, aus welchen Knotentypen es sich zusammensetzt und welche Kantentypen diese zu einer Struktur verknüpfen.

Die verschiedenen Objekttypen werden durch die entsprechenden **Knotentypen** implementiert (4):

- **Konzeptknoten.**

Ihre Beschriftung umschreibt für den Benutzer die Bedeutung des Konzepts. Für die Verarbeitung dienen Konzeptknoten als Index für die gesamte Konzeptstruktur, über sie erfolgt der Zugriff.

- **Instanzknoten.**

Die Beschriftung der Instanzknoten hat keine inhaltliche Funktion, sie dient nur der eindeutigen Kennzeichnung der Instanz für den Zugriff.

- **Konzept-Attributknoten.**

Diese Knoten sind nach außen hin nicht sichtbar, sie fungieren ausschließlich als Ankerpunkte für die Substruktur der Attributbeschreibung.

- **Instanz-Attributknoten.**

Sie stellen das Gegenstück zu den Konzept-Attributknoten dar und tragen den Verweis auf den Attributwert.

- Als Attributwerte schließlich treten als ein weiterer Knotentyp **terminale Knoten** (Texte, Zahlen) auf. Sie sind nicht als Beschreibung eines zu repräsentierenden Objekts aufzufassen, sondern stehen für sich selbst.

Aus diesen Knotentypen setzen sich Konzepte und Instanzen folgendermaßen zu einer Struktur zusammen (eine Übersicht über die verschiedenen Netz-Strukturen gibt Abb.3-10):

-
- (4) Drei Knotentypen werden auch in der graphischen Darstellung unterschieden:
- Konzept- und Instanzknoten werden durch Ovale repräsentiert,
 - Attributknoten durch Quadrate und
 - terminale Knoten nur durch ihre Beschriftung.

3.5.3.1 interne Struktur eines Konzepts

Ein Konzept (Abb.3-6) besteht aus

- einem Konzeptknoten,
- einer GEN-Kante (‘generalization’) auf ein Konzept, von dem das aktuelle Konzept eine Spezialisierung darstellt,
- einer Reihe von Konzept-Attributknoten.
- Attributknoten werden durch DATTR-Kanten (‘define attribute’) an den Konzeptknoten angebunden, falls es sich um Neu-Definitionen von Attributen handelt.
- Attribut-Modifikationen gegenüber einem allgemeineren Konzept werden durch DMOD-Kanten (‘define modification’) gekennzeichnet (Abb.3-7).
- Auf Attribute, die durch Aufspaltung eines allgemeineren Attributs entstanden sind, weist eine DDIFF-Kante (‘define differentiation’) (Abb.3-8).

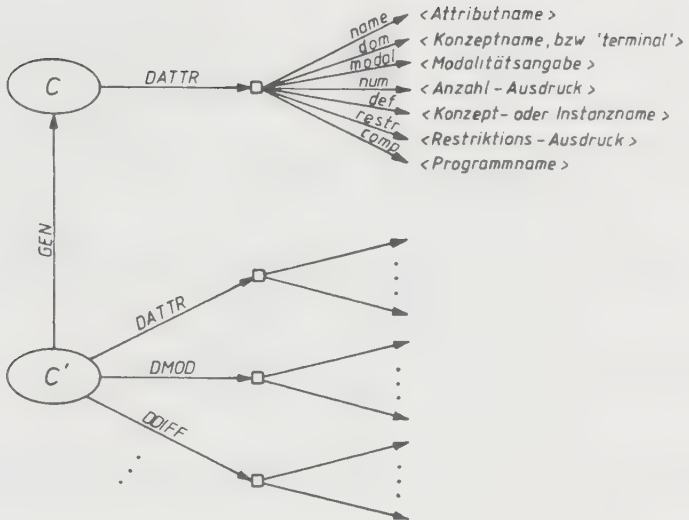


Abb. 3-6: Interne Struktur eines Konzepts

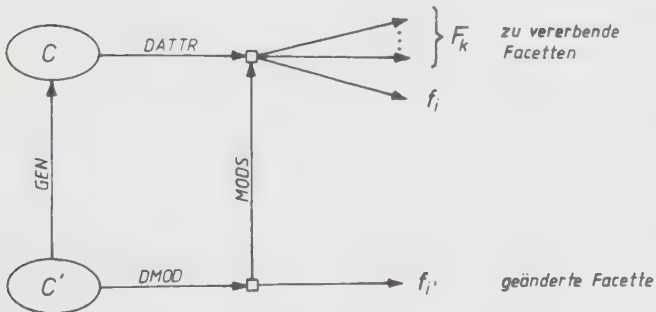


Abb. 3-7: Interne Struktur eines modifizierten Konzepts

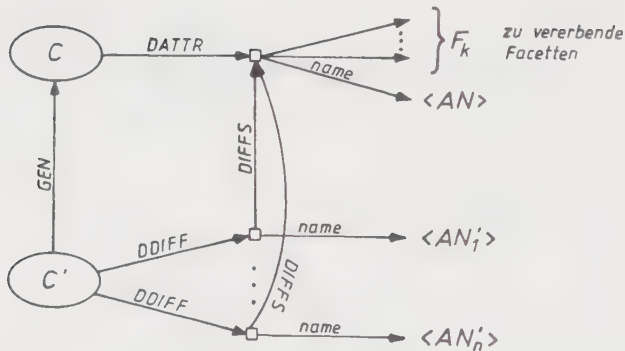


Abb. 3-8: Interne Struktur eines differenzierten Konzepts

Konzept-Attribute werden durch eine Reihe spezieller Aspekte ("Facetten") definiert, die durch folgende Kanten, ausgehend vom Attributknoten, dargestellt werden:

- **NAME** weist auf einen terminalen Knoten, der die Funktion des Attributs im Rahmen des Konzepts umschreibt.
- **DOM** ("domain") spezifiziert den Wertebereich für das Attribut. Zielknoten ist ein Konzeptknoten oder das spezielle Konzept "ST", falls das Attribut einen terminalen Wert verlangt.
- **RESTR** ("restriction") zeigt auf einen logischen Ausdruck, der zusätzlich zur DOM-Facette den Attributwert noch enger einschränkt. (Zur Syntax der Restriktionen vgl. 3.5.5).
- **NUM** ("number") gibt an, in welchem Intervall "a,b" sich die Anzahl der Instanz-Attribute zu dem Konzept-Attribut innerhalb einer Instanz bewegen muß. Fehlt die obere Grenze des Intervalls, so ist die Anzahl der Instanziierungen nach oben unbeschränkt. Ist die Facette unspezifiziert, wird "0,1" angenommen, dh. das Attribut kann höchstens einmal instantiiert werden.

- . MODAL (‘modality’) macht Angaben darüber, wie wesentlich das Attribut für die Bedeutung des Konzepts ist (Zu den verschiedenen Modalitäts-Werten vgl. 3.5.4).
- . DEF (‘default’) kann eine Vorannahme für den Attributwert treffen, auf die zurückgegriffen werden kann, wenn in einer Instanz kein Wert explizit angegeben ist.
- . COMP (‘computation’) verweist auf einen Programmnamen. Mit dieser Kante wird prozedurales Wissen ins Netz integriert (‘procedural attachment’).

Abgeleitete Attribute sind zusätzlich mit dem Original-Attribut verknüpft, von dem sie eine Modifikation oder Differentiation bilden (Abb.3-7, 3-8):

- . MODS-Kanten verbinden ein modifiziertes Attribut mit dem entsprechenden Attribut des Ober-Konzepts.
- . DIFFS-Kanten verweisen von Attributen, die durch Aufspaltung (‘differentiation’) definiert wurden, auf das generellere Attribut des übergeordneten Konzepts.

3.5.3.2 Interne Struktur einer Instanz

Eine **Instanz** (Abb.3-9) wird konstruiert aus

- . einem Instanz-Knoten,
- . einer CONC-Kante (‘concept’) auf das Konzept, das ihre Bedeutung definiert,
- . einer Reihe von Instanz-Attributknoten, die über DINST-Kanten an den Instanz-Knoten gehängt werden.

Instanz-Attribute tragen

- . mit einer VAL-Kante (‘value’) einen Verweis auf den aktuellen Attributwert,
- . bei Umbenennung gegenüber dem Konzept-Attribut mit der INAME-Kante einen Zeiger auf den neuen Attributnamen,

- zur Definition der Bedeutung des Attributs eine INSTS-Kante ("instantiates") auf die Attribut-Beschreibung im zugehörigen Konzept.

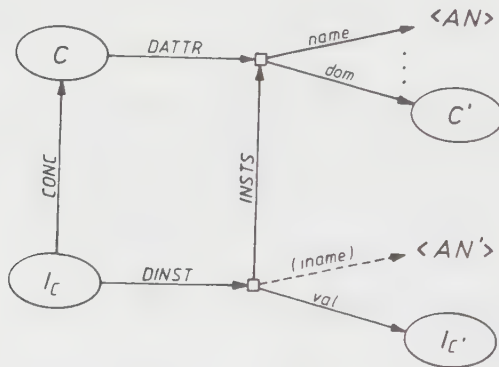


Abb. 3-9: Interne Struktur einer Instanz

3.5.4 Attribut-Modalitäten

Die Modalitäts-Facette eines Attributs erfüllt zweierlei Funktionen. Es gilt zu unterscheiden zwischen einer Netz-immanenten und einer Verarbeitungs-gerichteten Bedeutung dieser Angabe:

- * Auf der Ebene der Representation gibt die Modalität eines Attributs an, wie wichtig das Attribut für die Bedeutung des Konzepts ist, in dem es eine Eigenschaft oder einen Bestandteil darstellt. Unter diesem Aspekt werden drei Modalitäts-Werte unterschieden:

OBL : "obligatory"

OPT : "optional"

N : "not"

Die Information, ob ein Attribut obligatorisch oder optional ist, spielt insbesondere beim Strukturvergleich eine Rolle. Faßt man die obligatorischen Bestandteile eines Konzepts als die dafür besonders charakteristischen Merkmale auf, so

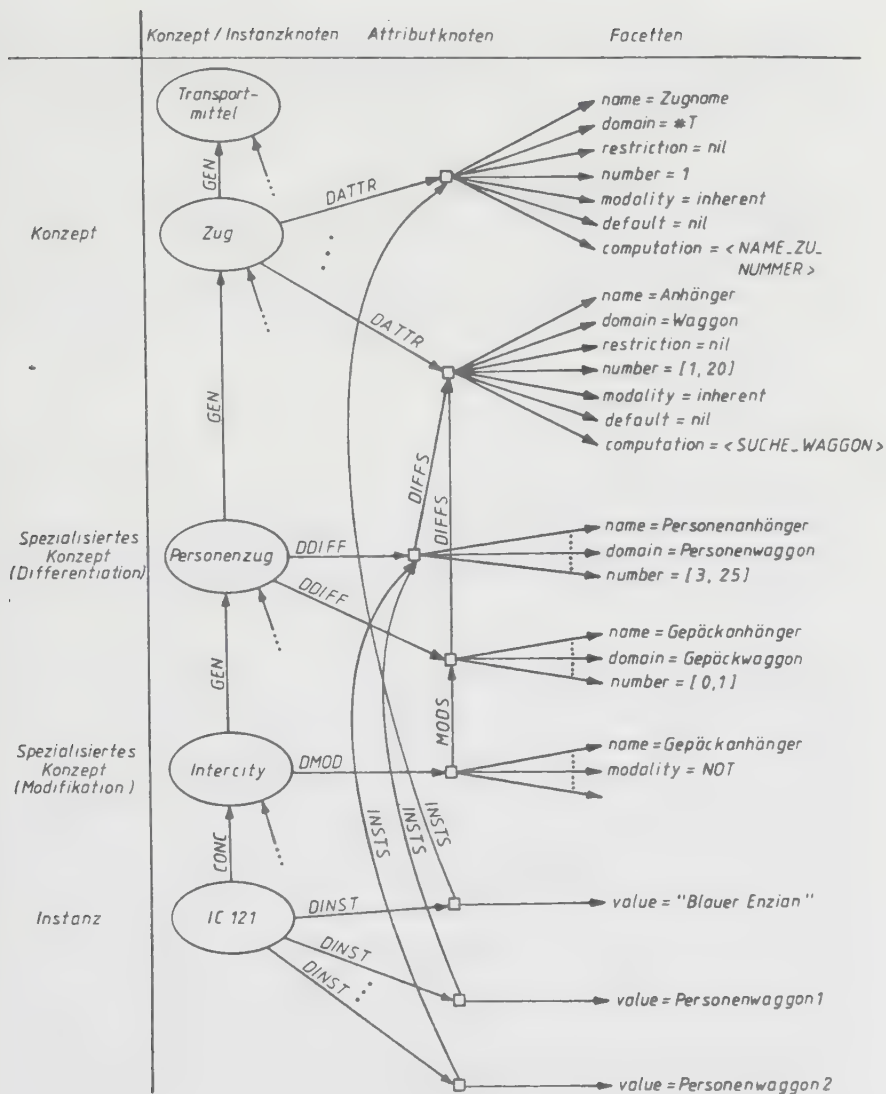


Abb. 3-10: Übersicht: Konzept, abgeleitetes Konzept, Instanz

müssen beim Vergleich vor allem für die passende Kandidaten in der untersuchten Struktur gefunden werden. Obligatorische Attribute können also Kriterien etwa für die Frage liefern, ob eine Instanz als Realisierung eines bestimmten Konzepts betrachtet werden kann.

Der Wert "N" bewirkt die Löschung eines Attributs, das einem Konzept durch die Vererbung von einem übergeordneten Konzept zukommen würde.

- * Eine andere Gruppe von Modalitäten steuert die Verarbeitung eines Attributs.

TD : "take default"

IFN : "if needed"

DC : "do computation"

I : "inherent" (Präfix)

"take default" bewirkt, daß bei der Suche nach einem Attribut-Wert auf die Voreinstellung (Default-Facette) zurückgegriffen wird, wenn kein aktueller Wert gefunden wird.

Im Gegensatz dazu stößt die Modalität "if needed" eine Berechnung für den benötigten Attribut-Wert an. Die Vorschrift dafür liefert die prozedurale Information an der COMPUTATION-Facette.

Hat ein prozedurales Attribut die Modalität "do computation", so wird das adjungierte Programm automatisch ausgeführt, sobald das Attribut instantiiert wird. Vor allem Wechselwirkungen zwischen Attributen und Seiteneffekte der Instantiierung können auf diese Weise implementiert werden.

Das Präfix "inherent" tritt zusammen mit den Modalitäten "obligatory" und "optional" auf. Inhärente Attribute sind solche Teile und Eigenschaften, die jedes Objekt der beschriebenen Klasse besitzt, die aber nicht in jedem Kontext explizit erwähnt werden müssen. Als Bestandteil der Bedeutung des Objekts werden sie vielmehr automatisch bei seiner Erwähnung "mitverstanden", ohne daß für sie im einzelnen eine ausdrückliche Repräsentation aufgebaut wird. Im Gegensatz zu obligatorischen Attributen (s.o.), für die bei der Instantiierung eine Belegung erfolgen muß, werden inhärente Teile nicht automatisch instantiiert.

Beispiel:

Die Kennzeichnung etwa des Ziel-Bahnhofs als obligatorisch für eine Zug-Aus-kunft bewirkt, daß notfalls eine Rückfrage danach generiert wird, wenn er in der Anfrage nicht genannt wurde und auch nicht durch Schlußfolgerung aus dem bishe-rigen Gesprächskontext ermittelt werden kann.

Dagegen sollte die Beschreibung eines Großraumwagens als Personenwagen mit einer gewissen Anzahl von Sitzplätzen nicht zur Folge haben, daß für jeden Sitz-platz eine Instanz angelegt wird. Sie gibt nur die generische Information wie-der, daß ein Großraumwagen generell diese Eigenschaft hat (bei Modalität "obligatorisch"), bzw. haben kann (bei Modalität "optional").

3.5.5 Restriktionen

Zusätzlich zur Angabe eines Konzepts als Wertebereich in der DOMain-Facette kön-nen die erlaubten Werte für ein Attribut durch weitere Restriktionen eingeschränkt werden. Sie werden in Form logischer Ausdrücke in der RESTrictions-Facette einge-tragen und werden sowohl bei der Instantiierung des betreffenden Attributs, als auch bei der Abbildung ("matching") zwischen Konzepten und Instanzen überprüft.

Der Wirkungsbereich einer Restriktion ist derzeit auf dasjenige Attribut be-schränkt, an dem sie im Konzept lokalisiert ist. Grundsätzlich ließen sich in die-sem Rahmen durch Erweiterung der Syntax auch Beziehungen zwischen den Attributen ohne Schwierigkeiten darstellen.

In einer Restriktion können terminale Instanz-Attributwerte auf Gleichheit oder auf hierarchische Vertraglichkeit (vgl. 4.4.3.1) mit einem konstanten Wert festge-legt werden. Daneben ist die Angabe einer Menge alternativer Werte möglich. Hat ein Attribut als Wert wiederum eine Instanz, so erstrecken sich die Restriktionen auf deren Attribute.

Beispiel:

Ein Kasus, der als DOMain eine Adverbialgruppe (ADVG) besitzt, könnte durch folgende Restriktion weiter eingeschränkt sein:

```
PRAEPOSITION    = auf, an
& BEDEUTUNG IS RESult+CONCrete, THIng
& KASUS          = Akkusativ
```

\ RELATION IS DIRECTION & FUNKTION = Satzglied

(Paraphrase:

Die Präposition muß "auf" oder "an"

UND das Attribut BEDEUTUNG der ADVG mit RESULT+CONCRETE oder THING vertraglich UND der Kasus Akkusativ sein

ODER das Attribut RELATION muß eine Spezialisierung von DIRECTION UND die FUNKTION der ADVG Satzglied sein.)

Die Syntax eines Restriktionen-Ausdrucks definiert die folgende Grammatik:

```

restr-ausdruck ::= oder-ausdruck | "leer"
oder-ausdruck ::= oder-ausdruck \ und-ausdruck |
                und-ausdruck
und-ausdruck  ::= und-ausdruck & elem-ausdruck |
                elem-ausdruck
elem-ausdruck ::= ( oder-ausdruck ) |
                attribut op-ausdruck wertemenge
attribut      ::= "attributname" | "leer"
op-ausdruck   ::= vgl-op | ! vgl-op
vgl-op        ::= = | IS
wertemenge    ::= wertemenge , wert-ausdruck |
                wert-ausdruck
wert-ausdruck ::= pfad-ausdruck | "wert"
pfad-ausdruck ::= "wert" + "wert"

```

Die terminalen Symbole "&", "\ " und "!" bezeichnen die logische Konjunktion, Disjunktion und Negation, "=" die Gleichheit und "IS" die Vertraglichkeits-Relation im Sinne der Generalisierungs-Hierarchie im Netz, wie sie in 4.4.3.1 definiert ist.

Für Pfad-Ausdrücke gilt die Randbedingung, daß der zuerst genannte Wert Spezialisierung des zweiten ist, dh. daß es einen Pfad von GEN-Kanten vom ersten Wert zum zweiten gibt. (Zur linguistischen Motivation dieser Pfad-Ausdrücke vgl. 4.3.2-"Selektionsklassen".)

Das Symbol "leer" steht für das leere Wort, "wert" für einen beliebigen Text.

„attributname“ kennzeichnet das betroffene Attribut einer untergeordneten Wert-Instanz. Fehlt er, so betrifft die Restriktion den terminalen Wert des Attributs selbst, an dem sie hängt (vgl. dazu auch Gerlach 1982:26).

3.5.6 Meta-Information

Die Realisierung der Netze in der Graph-Sprache GRASPE (3.7- "Realisierung") erlaubt es, Meta-Information zu den Netz-Objekten direkt mit den Knoten zu assoziieren (vgl. 3.4.4.9). Knoten-Information wird zur Repräsentation von Hypothesen-Daten wie etwa den globalen und lokalen Bewertungen, Anfangs- und Endzeit der Hypothese und der Hypothesennummer verwendet. Ein anderer Typ enthält zur Beschleunigung des Lexikon-Zugriffs die Lexikon-Adresse eines Wortes zu einer bestimmten Wortart. In einem dritten Typ schließlich wird vermerkt, welche von mehreren Alternativen eines Attributs (zB. Bedeutungsalternativen) bei der Auswertung von Restriktionen herausgefiltert wurde. Diese Information wird bei der Erzeugung von Ergebnis-Instanzen (vgl. unter 4.4.3.2- "SEMANTIK_HYPOTHESEN_GENERIERUNG") ausgewertet, indem nur die so übriggebliebenen Alternativen übernommen werden.

3.6 matching

3.6.1 matching-Typen

Für den Vergleich zwischen semantischen Netzwerken wurde ein matching-Algorithmus implementiert (und in der SIMULA-Klasse CMATCHER realisiert). Je nach dem Typ der zu vergleichenden Netz-Objekte (Konzepte mit Instanzen oder Instanzen untereinander) und der Art, wie sie aufeinander abgebildet werden sollen, sind verschiedene matching-Typen anzuwenden (Gerlach 1982:43):

- 1) **CI**: Instanz -->Konzept:

Interpretiere die Instanz als Extension ("aus der Sicht") des Konzepts.

- 2) **II**: Instanz_1 -->Instanz_2:

Vereinige die beiden Instanzen, prüfe ihre Ähnlichkeit.

- 3) **CS**: Instanzen_i -->Konzept:

Konstruiere eine Instanz des Konzepts aus den Instanzen_i (als Attributwerten).

4) **IS:** Instanzen_i --> Instanz:

Belege leere Attribute in der Instanz mit Instanzen_i (Instanzerweiterung).

5) **CSI:** Instanzen_i --> Instanz/Konzept:

CSI hat dieselbe Leistung wie IS, zusätzlich werden neue Attribute aus dem Konzept instantiiert, dh. mit Instanzen_i belegt.

3.6.2 matching-Parameter

Der matching-Prozeß kann über Parameter beeinflußt werden, die die Restriktionen für "Verträglichkeit" definieren und das Ergebnis beeinflussen:

1) **DOMAIN:**

Ein Kandidat für eine Leerstelle L muß aus dem für L spezifizierten Wertebereich stammen.

2) **NAME:**

Nur Attribute gleichen Namens werden aufeinander abgebildet.

3) **NAME1= name:**

Nur Leerstellen mit Namen name werden versucht zu füllen.

4) **TIME:**

Nur "zeitlich konsistente" (nicht konkurrierende) Mengen von Instanzen werden innerhalb einer Interpretation (als Attributwerte einer Instanz) zugelassen.

5) **PRI0:**

Dem Ergebnis wird eine Priorität zugewiesen, es wird in eine Agenda eingeordnet.

6) **WONEW:**

Es ist keine Ergebnis-Instanz zu bilden, sondern nur die "Ähnlichkeitsbewer-

tung⁻ zu berechnen.

3.6.3 Der matching-Algorithmus

Der implementierte matching-Algorithmus (Gerlach 1982:44ff) geht in folgenden Verarbeitungsschritten vor:

- 1) Zuerst werden alle Paare aus vertraglichen Komponenten der beiden zu vergleichenden Bäume gebildet. Die Vertraglichkeit wird in erster Linie durch die Restriktionen an einem Attribut bestimmt, zusätzliche Randbedingungen spezifizieren die gesetzten matching-Parameter (3.6.2).
- 2) Die vertraglichen Paare werden bewertet und entsprechend der Bewertung geordnet, sodaß die beste Alternative mit hoher Wahrscheinlichkeit zuerst erzeugt wird.
- 3) Aus dieser Menge wird eine maximale Teilmenge von Paaren gewählt, deren Komponenten i.a. jeweils nur höchstens einmal vorkommen dürfen; zusammen mit den eventuell nicht verwendeten Komponenten der beiden Bäume wird ein Ergebnis-Baum erzeugt und bewertet.
- 4) Der letzte Schritt kann mit alternativen Teilmengen aus der Paar-Menge wiederholt werden.

Beispiele für die verschiedenen matching-Funktionen finden sich im Rahmen ihrer Anwendung im Semantik-Modul (4.4.3 und 4.6).

3.7 Realisierung

Die Implementierung der semantischen Netze umfaßt drei SIMULA-Klassen, die die Graph-Struktur, die Netzwerk-Primitiva und die matching-Funktionen darauf realisieren. Die External-Hierarchie des Spracherkennungs-Systems, in die sich diese drei Klassen einordnen, zeigt Abb.3-11.

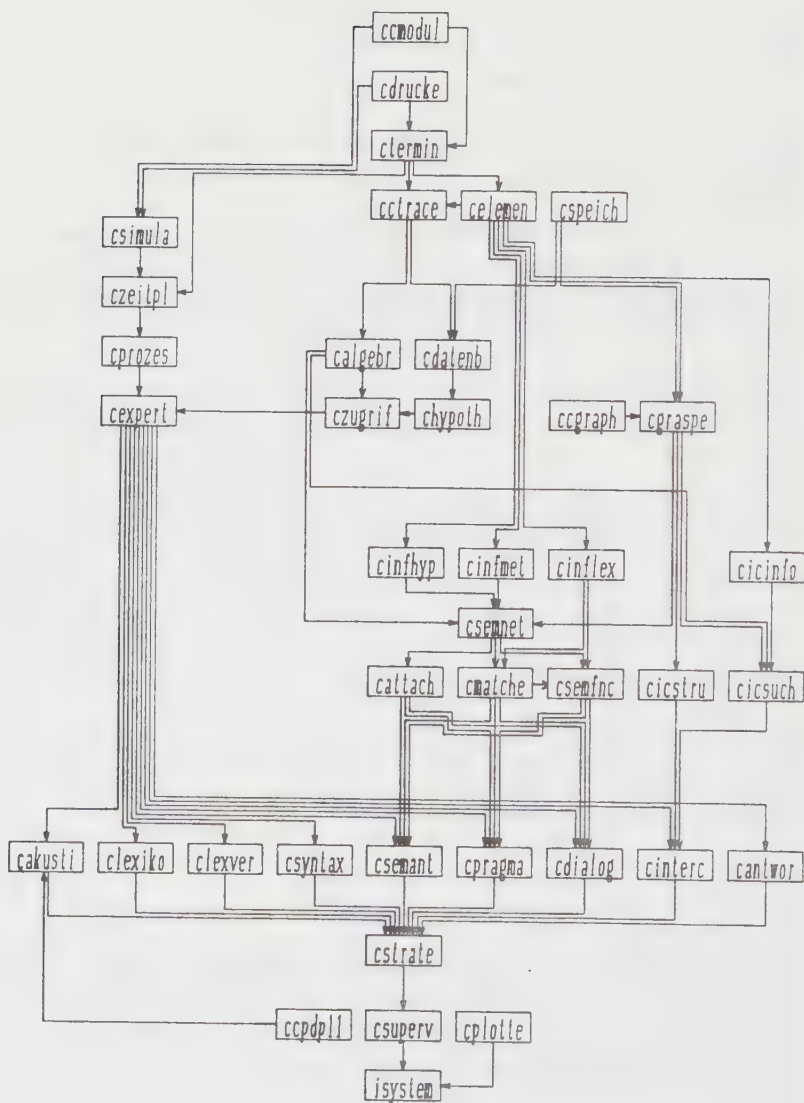


Abb. 3-11: Die External-Hierarchie des Systems

3.7.1 CGRASPE

Die Klasse CGRASPE (A.Hoffmann 1981) enthält die elementaren Operationen für die Bearbeitung von Graphen. Diese können in Funktionen zum Aufbauen, Zerstören und Analysieren von Graphen oder Graphkomponenten eingeteilt werden; auch das Lesen und Schreiben von Informationen beliebigen Typs an die einzelnen Graphkomponenten ist möglich.

Graphkomponenten im Sinne von GRASPE sind "Level", "Knoten" und "Kanten". Verschiedene Level zeichnen sich durch die Trennung ihrer Knoten- und Kanten-Listen aus; zwischen zwei Knoten, die verschiedenen Levels angehören, können keine Kanten gezogen werden.

Die Elemente des Graphen werden in Listen mit Texten als Identifikation verwaltet, es existieren keine direkten Zeiger auf die Datenobjekte, die die Nachbarknoten repräsentieren, sondern die Verzeigerung erfolgt über Listen mit deren Namen.

An jeder Komponente des Graphen kann Information eines benutzerspezifischen Informationstyps angebracht und gelesen werden. Dies ist unter Verwendung des Klassenkonzepts von SIMULA und durch die Definition einer allgemeinen Oberklasse CINFORMATION erreicht worden.

CGRASPE hat als Parameter ein GRASPE-Protokoll, in das die Aufrufe zum Aufbauen und Zerstören von Graphkomponenten geschrieben werden können, und eine Benutzerschnittstelle CTERMINAL. Das GRASPE-Protokoll kann in einem späteren Lauf wieder interpretiert und zum Wiederaufbau der Graphstruktur verwendet werden.

Alle Prozeduren in CGRASPE wurden derart implementiert, daß ihre Schnittstellen gleichbleiben, auch wenn die Implementierung der Graph-Strukturen geändert wird.

3.7.2 CSEMNET

Die anwendungsunabhängigen Funktionen für das Arbeiten mit semantischen Netzen sind in der SIMULA-Klasse CSEMNET (Gerlach 1982) untergebracht. Sie realisiert damit die epistemologische Ebene der Netzwerk-Definition im Sinne von Kap.3.4.2 und baut auf der Implementierung der Graphstruktur in CGRASPE auf.

CSEMNET ist eine Unterklasse von CGRASPE und kann somit auf sämtliche Datentypen

von CGRASPE und die dazugehörigen Funktionen zugreifen. Die notwendigen Ausgaben können über eine ebenfalls in CGRASPE definierte Benutzerschnittstelle CTERMINAL ausgegeben werden.

Als einziger Parameter wird eine Inkarnation der Klasse CALGEBRA an CSEMNET übergeben; mit den mengentheoretischen Operationen nachgebildeten Prozeduren von CALGEBRA werden die Ausgabestrukturen von CGRASPE verarbeitet, die aus den gleichen Elementen wie die in CALGEBRA definierten Mengen bestehen.

CSEMNET besitzt mehrere globale Konstanten, die der Speicherung von Kontrollinformation dienen; darüberhinaus kann auf ein externes Lexikon verwiesen werden. Die meisten Funktionen von CSEMNET wurden für das Manipulieren semantischer Netze geschaffen. So können sowohl einfache Aufgaben wie z.B. das Ziehen von Kanten von einem Knoten zu einem anderen als auch komplexere wie der Aufbau eines Konzeptes mitsamt seiner Attribute bearbeitet werden. Bei der Definition neuer Konzepte und bei der Instantiierung werden weitreichende Konsistenzprüfungen zwischen den Netz-Objekten ausgeführt. Weiterhin sind differenzierte Zugriffe auf Einträge des eventuell zur Verfügung stehenden Lexikons realisiert; wurde kein Lexikon geöffnet, werden die Zugriffe interaktiv simuliert, so daß der Benutzer zu Testzwecken die erforderlichen lexikalischen Eigenschaften eines Wortes selbst definieren kann.

Um die Graphkomponenten mit Informationen versehen zu können, wurden für die als Unterklassen des allgemeinen CGRASPE-Informationstyps extern deklarierten Datenstrukturen CINFLEXIKON, CINFHYPOTHESE, CINFMETA und CINFALTERNATIVE Schreib- und Lese-Funktionen geschaffen.

Schließlich können noch die Laufzeiten aller Prozeduren von CSEMNET innerhalb mehrerer Aufruf-Ebenen protokolliert werden.

3.7.3 CMATCHER

Die Hauptfunktion der externen SIMULA-Klasse CMATCHER ist das matching in semantischen Netzwerken, wie sie mit dem Modul CSEMNET erzeugt werden. Eine Inkarnation von CSEMNET wird an CMATCHER als Parameter übergeben, so daß dieser auf das dort definierte Netz und die Prozeduren zum Arbeiten mit semantischen Netzen zugreifen kann. Für Ein- und Ausgaben am Bildschirm wird wieder die Benutzerschnittstelle CTERMINAL verwendet, ein zweites Exemplar dient der Protokollierung von matching-

Ergebnissen für eine anschließende graphische Auswertung.

Die globalen Größen von CMATCHER sind eine Prozeßliste und eine Tabelle mit Gewichtungen. In der Prozeßliste sind Elemente des in CMATCHER definierten Typs CMATCHINGPROCESS enthalten. Die Inkarnation einer SIMULA-Klasse mit NEW führt dazu, daß deren Rumpf, falls er vorhanden ist, genau wie der einer Prozedur abgearbeitet wird; über diesen Mechanismus wird der matching-Algorithmus, der in CMATCHINGPROCESS enthalten ist, angestoßen.

Die Speicherung der einzelnen Prozesse in der Prozeßliste ermöglicht das Aufbewahren von Zwischenergebnissen, die beim Erzeugen von Alternativen oder für das matching in die Tiefe wiederverwendet werden können. Die Funktion MATCH_IN_DER_TIEFE bewirkt eine weitere Auswertung von bisher nur oberflächlich bewerteten Teilbäumen, deren Unverträglichkeit anhand des Wurzelknotens nicht festgestellt werden konnte. Es müssen also nicht immer alle Attribute vollständig verglichen werden, dies findet erst bei zumindest oberflächlich vertraglichen Bäumen statt.

Damit dabei für die Ermittlung des Attributwerts nicht immer wieder auf das Netzwerk selbst zugegriffen werden muß, wurde der Datentyp CKOMPONENTE geschaffen, in dem die Inhalte der Netzwerk-Strukturen als Textvariable abgelegt werden. Dieses Vorgehen beschleunigt und vereinfacht den matching-Algorithmus.

Mit Hilfe der zweiten globalen Größe GEWICHT werden die Attribut-Paare bezüglich ihrer Verträglichkeit und Priorität bewertet.

4 Der Semantik-Modul

4.1 Theoretischer Hintergrund: Valenz- und Kasustheorie

Zentrales Anliegen der semantischen Analyse ist die Untersuchung von Abhängigkeitsbeziehungen und funktionalen Relationen im Satz. Beides sind grundlegende Konzepte der Valenz- und Kasustheorie. Einen umfassenden Überblick über verschiedene Theorien zur Verbgrammatik bietet G.Seyfert (1979).

4.1.1 Die Valenztheorie

Die Theorie der Valenzgrammatik geht im wesentlichen zurück auf L.Tesnière (1966). Grundgedanke ist die Determination der syntaktischen, semantischen und logischen Satzstruktur durch das regierende Hauptverb, den Nukleus. Die Fähigkeit eines Nukleus, abhängige Komplemente zu binden, heißt Valenz. Dieses Konzept der Verbvalenz läßt sich als Substantiv-, Adjektiv-, und Adverbvalenz auf nominale und adverbielle Nuklei übertragen.

Die Grundidee der Valenztheorie - betrachtet unter drei Aspekten - wird im weiteren zunächst anhand der Verbvalenz ausgeführt. Das Verb wird als das strukturelle Zentrum des Satzes angesehen, das eine Reihe von Komplementen verlangt, deren Art und Zahl festliegt. Diese "Mitspieler" des Verbs konstituieren seinen Valenzrahmen.

Dabei äußern sich häufig Bedeutungsvarianten in verschiedenen Valenzrahmen. Durch die Wahl eines Verbs in einer bestimmten Bedeutungsvariante wird somit bereits zumindest die morpho-syntaktische Grundstruktur eines Satzes weitgehend festgelegt. Diese Eigenschaft wird auch als "syntaktische Valenz" bezeichnet.

Auf der Ebene der "logischen Valenz" wird dagegen untersucht, welche Entitäten an der durch das Verb zum Ausdruck gebrachten Handlung oder dem dargestellten Vorgang beteiligt sind, und inwieweit diese Mitspieler von der Verbbedeutung unmittelbar als sinnnotwendig impliziert werden.

Als "semantische Valenz" schließlich wird die nähere inhaltliche Spezifikation der strukturell und konzeptuell notwendigen Satzglieder durch Angabe der erforderlichen semantischen Merkmale bezeichnet (Selektion).

Aus diesen Valenzeigenschaften bestimmt sich ein formales und inhaltliches Grundgerüst, dem Sätze der intendierten Verbbedeutung ia. gehorchen. Es eröffnet Leerstellen für diejenigen Satzglieder, die für einen grammatikalisch bzw. kommunikativ adäquaten Satz notwendig sind.

Die direkt vom Verb abhängigen Elemente werden in Tesnières Terminologie als "actants" bezeichnet, in der deutschen Dependenzgrammatik (zB. Erben 1972, Engel 1982) als "Ergänzungen", während nicht verbspezifische, frei hinzufügbare Bestimmungen als "circonstants", bzw. "freie Angaben" benannt werden. Ergänzungen sind zwar notwendig zur Spezifikation einer Verbbedeutung, müssen aber nur teilweise zwingend ausformuliert werden, um die Grammatizität des Satzes aufrecht zu erhalten ("obligatorische Ergänzungen"). Andere Ergänzungen werden unter bestimmten Kontextbedingungen vom Hörer automatisch mitverstanden und können dann an der Satzoberfläche getilgt werden ("fakultative Ergänzungen"). Zu den obligatorischen Ergänzungen zählen stets das Subjekt, dh. die Nominativ-Ergänzung ("WER kommt?"), bzw. die sog. "Null-Ergänzung", wie in "ES schneit". Ein Beispiel für eine typische fakultative Ergänzung ist "Sie warten (AUF GODOT)". Der fakultative Aktant "AUF GODOT" ist zwar syntaktisch nicht erforderlich und eliminierbar, aber dennoch valenzbedingt, da er nicht unbeschränkt in jedem Satz frei auftreten kann.

Es wurde mehrfach versucht, die Abgrenzung zwischen obligatorischen und fakultativen Ergänzungen einerseits und Angaben andererseits zu operationalisieren. So schlägt zB. (Ballweg 1981) ein dreistufiges Verfahren vor. Zunächst werden als obligatorische Ergänzungen diejenigen valenzgebundenen Terme bestimmt, deren Eliminierung die Grammatizität des Satzes verletzt. Für die wegläßbaren Satzglieder wird auf der zweiten Stufe überprüft, ob zwischen dem vollständigen Satz und dem, der den betrachteten Term nicht enthält, eine Implikationsbeziehung besteht. Dies gilt zB. für das Satzpaar "jmd. ißt" und "jmd. ißt ETWAS". Ist der Implikationstest nicht erfüllt, wird das fragliche Element als Angabe gewertet. Im positiven Fall bleibt noch zu entscheiden, ob das betreffende Satzglied charakteristisch für eine Subklasse von Verben ist. Da dies für die Akkusativ-Ergänzung (ETWAS) offensichtlich gilt, handelt es sich hier um eine fakultative Ergänzung. Ebenso muß zB. die Richtungsergänzung als spezifisch für Bewegungsverben eingestuft werden. Kann ein Satzglied hingegen unabhängig vom Verb zu jeder Prädikation hinzugezogen werden, ist es als Angabe zu betrachten. Dies gilt beispielsweise für Orts- und Zeitangaben, auch wenn im Einzelfall für ein Verb wiederum spezielle Restriktionen wirksam werden können.

Auch wenn grundsätzlich verschiedene Ebenen der Valenz betrachtet werden, so

liegt doch in den meisten Valenzgrammatiken das Hauptgewicht bei der Verbklassifikation auf der syntaktischen Obligatorität von Komplementen. Semantische Aspekte kommen häufig nur in der Kategorisierung der Ergänzungen zum Ausdruck. Eine Übersicht über verschiedene Klassifikationssysteme gibt (Engel&Schumacher 1978). So unterscheidet etwa U.Engel (1982) die rein kasuelle Ergänzung (Nominativ-, Genitiv-, Dativ-, Akkusativ-Ergänzung) ua. von der "Direktiv-Ergänzung" (DAHIN), der "Situativ-Ergänzung" (DA) und der "Qualifikativ-Ergänzung" (SO).

4.1.2 Die Kasustheorie

Auch für die Kasustheorie C.J.Fillmores und seiner Schule (vgl. besonders Fillmore 1967) kommt dem Verb die zentrale Funktion bei der Satzkonstruktion zu. Während jedoch die Valenztheorie den Schwerpunkt auf die formale Struktur des Satzes legt, steht in der Kasustheorie der Begriff der "funktionalen Rolle" (Tiefenkasus) eines Satzglieds in Bezug auf das Prädikat im Vordergrund. Anstelle einer grammatikalischen Rahmenstruktur tritt eine kasus-semantische Rollenstruktur, die die logischen Relationen der Mitspielerstellen zum Nukleus widerspiegelt.

Auf der kognitiven Ebene entspricht die Bestimmung der Tiefenkasus eines Verbs der Bestimmung der Entitäten, die an einem Zustand oder einer Handlung beteiligt sind - die Tiefenkasus sind somit den Leerstellen auf der Ebene der logischen Valenz verwandt. Andererseits spielen sie als kasus-semantische Erwartungen, die mit der Erwähnung des Verbs eng verknüpft sind, beim Verstehen des Satzes eine wesentliche Rolle. Dem liegt die Annahme zugrunde, -übrigens in Übereinstimmung mit neueren Arbeiten der Künstlichen Intelligenz und der Kognitionsforschung-, daß

"Wörter und Sätze "kognitive Kontexte" (Wissen über stereotype Ereignisse und Situationen, Erfahrungsdaten) aktivieren, und daher Bedeutung erlangen. Dazu gehört die Annahme einer gestalt- und kontextbezogenen Organisation von Daten, die Unterscheidung von Vordergrund- und Hintergrundereignissen und die Vorstellung der Komplettierung von in der Regel unvollständigen Wahrnehmungs- und Mitteilungsdaten (Bedeutung von Sätzen wird nicht additiv rekonstruiert (Fregesches Prinzip), sondern durch Aktivierung größerer Kontexteinheiten). "Language, then is a sort of projection, where only some of the items to be communicated need to actually be mentioned directly. Syntax can be viewed as a means of constructing a perspective toward the gestalts selected by words and context; specific structures and words select specific connections between gestalts as in Fillmore (1977b)" (Waltz 1978:152)."

(Metzing 1981:208).

4.2 Aufgaben der semantischen Analyse

Der Gegenstand der semantischen Analyse wurde in (2.1) als Analyse derjenigen Bedeutungsaspekte formuliert, deren Untersuchung am isolierten Satz auf der Basis seiner Konstituentenstruktur und der Grundbedeutungen seiner lexikalischen Elemente möglich ist. Der dadurch zu erzielende Beitrag zum Verstehen einer Äußerung im Spracherkennungssystem soll damit neben der erhofften Reduktion der Anzahl von Syntaxhypothesen und der Steuerung durch linguistisch motivierte Erwartungen vor allem in der Interpretation einer Konstituentenstruktur zu einer semantisch-logischen Rollenstruktur bestehen, die anwendungsabhängig weiter ausgewertet werden kann.

Im Kontext der Generativen Transformationsgrammatik wurden von J.J.Katz und J.A.Fodor (1963) für eine interpretative Semantik-Komponente folgende Anforderungen formuliert:

Sie muß

- * die für den aktuellen Satz passenden Bedeutungsalternativen der Lexeme auswählen,
- * semantische Ambiguitäten (Mehrdeutigkeiten) erkennen,
- * semantische Anomalien erklären,
- * Paraphrasen in Beziehung bringen, also bedeutungsäquivalente Sätze mit unterschiedlicher Satzoberfläche auf eine gemeinsame Grundstruktur zurückführen.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben werden im wesentlichen drei Teilprozesse eingesetzt, die im folgenden ausführlich beschrieben werden:

- * lokale Interpretation von Konstituenten durch Projektionsregeln ('Amalgamierung') (vgl. 4.2.1),
- * kontextuelle Interpretation in Form von Kasusrahmen-Analyse (vgl. 4.2.2),
- * Kontexterwartungen bzgl. weiterer Erkennungsergebnisse aus Zwischenergebnissen (vgl. 4.2.3).

4.2.1 Lokale Interpretation: Amalgamierung und Kasusrahmenspezialisierung

Die Aufgabe dieses ersten Teilprozesses ist die Auswertung der semantischen Attribute, die den Lexemen einer Konstituente im Lexikon zugewiesen werden, mit dem Ziel, lexikalische Mehrdeutigkeiten aufzulösen und die semantischen Merkmale der gesamten Konstituente zu bestimmen. Der Schwerpunkt der Analyse liegt dabei auf der Überprüfung der inneren Konsistenz der Gruppe, dh. der Vertraglichkeit der Merkmale ihrer Lexeme. Die Bewertung der Konsistenz liefert ein Maß für die semantische Plausibilität einer syntaktischen Hypothese und kann gegebenenfalls auf der lexikalischen oder auf der syntaktischen Ebene die Suche nach Alternativen veranlassen.

Mit jedem Konstituententyp sind bestimmte Evaluationsprozeduren verbunden, die angeben, wie mit den Wortklassen-spezifischen Merkmalen zu verfahren ist.

Das wesentliche Merkmal für Präpositional- und Nominalgruppen (PNG bzw. NG) ist die Selektionsklasse, die als Kriterium beim Strukturvergleich (matching) für die Kasusrahmen-Analyse eine maßgebliche Rolle spielt. Sie wird aus den Klassen bzw. Selektionsbeschränkungen der beteiligten Lexeme durch Amalgamierung gewonnen (die Funktionsbezeichnung "Amalgamierung" wurde im Rahmen der Transformationsgrammatik geprägt).

Dabei wird ausgenutzt, daß bestimmte Wortklassen semantischen Beschränkungen bzgl. der Kombinierbarkeit mit anderen Lexemen unterliegen. So üben zB. in der Nominalgruppe die Adjektive eine selektierende Funktion auf das Substantiv aus. Farbadjektive etwa sind, zumindest im nicht-metaphorischen Gebrauch, an Konkreta gebunden; ebenso ist die Verwendung von Adjektiven, die einen psychischen Zustand bezeichnen, zumindest auf belebte Subjekte beschränkt.

Diese Restriktionen kommen in dem lexikalischen Merkmal SELEKTION zum Ausdruck. Für einen Großteil des Wortschatzes müssen dabei mehrere Bedeutungsalternativen in Betracht gezogen werden, die sich in verschiedenen Klassen- bzw. Selektions-Einträgen äußern. Durch Überprüfung der Verträglichkeit von Klassen mit Selektionen ist es bereits auf dieser Stufe, ie. ohne Berücksichtigung des weiteren Kontextes, weitgehend möglich, zwischen den Alternativen eine Entscheidung zu treffen ("Monosemierung") oder zumindest ihre Anzahl einzuschränken.

Als Beispiel für den Prozeß der Amalgamierung sei hier die Interpretation der Präpositionalgruppe "MIT DER BAHN" ausgeführt.

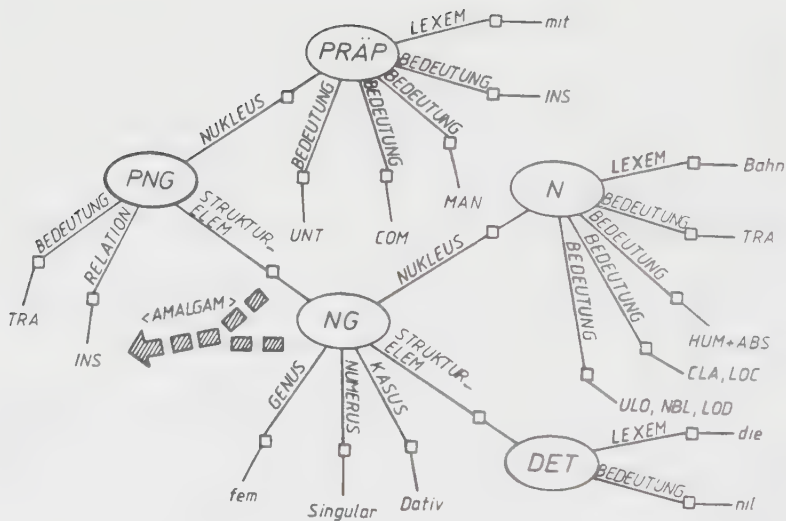


Abb. 4-1: Präpositionalgruppen-Interpretation

Der Lexikonnachschlag für "MIT" und "BAHN" liefert folgende Einträge (aufbereitet):

mit

BEDEUTUNG_1: mit dem Hammer

KLASSE: Instrument

SELEKTION: THing

BEDEUTUNG_2: mit Eifer

KLASSE: MANner

SELEKTION: QUALity, STATe

BEDEUTUNG_3: mit Montag

KLASSE: UNTil

SELEKTION: TIME

BEDEUTUNG_4: mit dir

KLASSE: COMpanion

SELEKTION: ANimate

Bahn

BEDEUTUNG_1: Zug, Strassenbahn

KLASSE: TRANsport

BEDEUTUNG_2: "die Bahn"

KLASSE: HUMAN + ABSTRACT

BEDEUTUNG_3: best. Strecke (Umlaufbahn)

KLASSE: CLASSification, LOCATION

BEDEUTUNG_4: Stoffbahn

KLASSE: Unit of LOCATION, NAMEable abstract,
Diffuse LOCATION

Jede Bedeutungsalternative der Präposition übt spezielle Selektionsbeschränkungen bzgl. eines möglichen abhängigen Substantivs aus. Durch Überprüfen sämtlicher Kombinationen zwischen den Selektionen der Präposition und den Klassen des Substantivs auf Konsistenz sollen möglichst viele Bedeutungsalternativen ausgeschlossen werden. Die Verträglichkeit zwischen Klassen (in einem noch genauer zu definierenden Sinn) beruht im wesentlichen auf ihrer Organisation in einer Spezialisierungshierarchie (vgl. 4.3.2), die das Baumschema in Abb.4-2 wiedergibt. Es zeigt zusätzlich, angedeutet durch unterbrochene Pfeile, die allgemeinen Selektionsbeziehungen zwischen Funktionswörtern und Substantiven. So selektieren etwa Präpositionen der Klasse COMpanion generell Substantive der Klasse ANimate. Eine Substantiv-Klasse wird dabei genau dann von einer Selektionsbeschränkung akzeptiert, wenn sie mit der geforderten (selektierten) Klasse identisch oder eine Spezialisierung davon ist. (Zu einer formaleren Definition des Verträglichkeitsbegriffs vgl. 4.4.3.1).

Die Überprüfung aller möglichen Kombinationen zwischen Präpositions-Selektionen und Substantiv-Klassen ergibt, daß nur die Präpositions-Bedeutung INSTRUMENT mit der Substantiv-Bedeutung TRANSPORT zusammenpaßt. Denn die INSTRUMENT-Bedeutung verlangt ein Substantiv der Klasse THING, wovon TRANSPORT eine Spezialisierung ist. Die TRANSPORT-Bedeutung stellt somit die einzige erlaubte Ergänzung zu dieser Präpositions-Bedeutung dar. Alle anderen Alternativen werden in diesem Kontext ausgeschlossen.

Der gesamten Gruppe werden zwei Merkmale zugewiesen: das Attribut BEDEUTUNG enthält als semantische Klasse der Gruppe die ausgewählte Substantiv-Klasse, das Merkmal RELATION kennzeichnet den funktionalen Bezug der Gruppe zur Satzaussage. Sie wird durch die Präposition als INSTRUMENTAL bestimmt.

Während die Amalgamierung nur nominale Konstituenten (NG, PNG) betrifft, besteht die Interpretation von Verbalgruppen in der Instantiierung der zugehörigen Kasusrahmen. Dazu wird abhängig vom Lexikon-Eintrag für jede Bedeutungs-Alternative eine Spezialisierung eines allgemeinen Kasusrahmen-Prototypen angelegt, in der die obligatorischen und fakultativen Kasus näher spezifiziert sind und das Verb eingetragen ist. Ein Beispiel für einen Kasusrahmen zeigt Abb.4-3. Er repräsentiert die Bedeutungsvariante von "fahren", wie sie in dem Satz "WANN FAHRT DER ZUG NACH STUTTGART?" aktualisiert ist.

4.2.2 Kontextuelle Interpretation: Kasusrahmen-Analyse

Hauptziel der semantischen Analyse stellt die Aufdeckung der kassusemantischen Struktur eines Satzes dar. Eine Kasusrahmen-Instanz spiegelt die Prädikat/Argument-Beziehungen im Satz wider und bezeichnet die logischen Relationen der Satzglieder zum Prädikat.

Mithilfe der in einem Kasusrahmen angelegten Erwartungen bzgl. des morpho-syntaktischen Grundgerüsts des Satzes und der semantischen Ausprägungen der Verbkomplemente lassen sich weitgehend strukturelle und inhaltliche Mehrdeutigkeiten auflösen. So liefert zB. der Kasusrahmen Anhaltspunkte dafür, ob eine PNG einen eigenständigen Tiefenkassus realisiert und somit als Satzglied Teil der Satzaussage ist, oder ob sie als nähere Bestimmung zu einem Nomen fungiert. Diese Entscheidung - sie wird in der englischsprachigen Literatur häufig unter dem Begriff "modifier placement" angesprochen - ist mit rein oberflächensyntaktischen Kriterien nicht zu fallen.

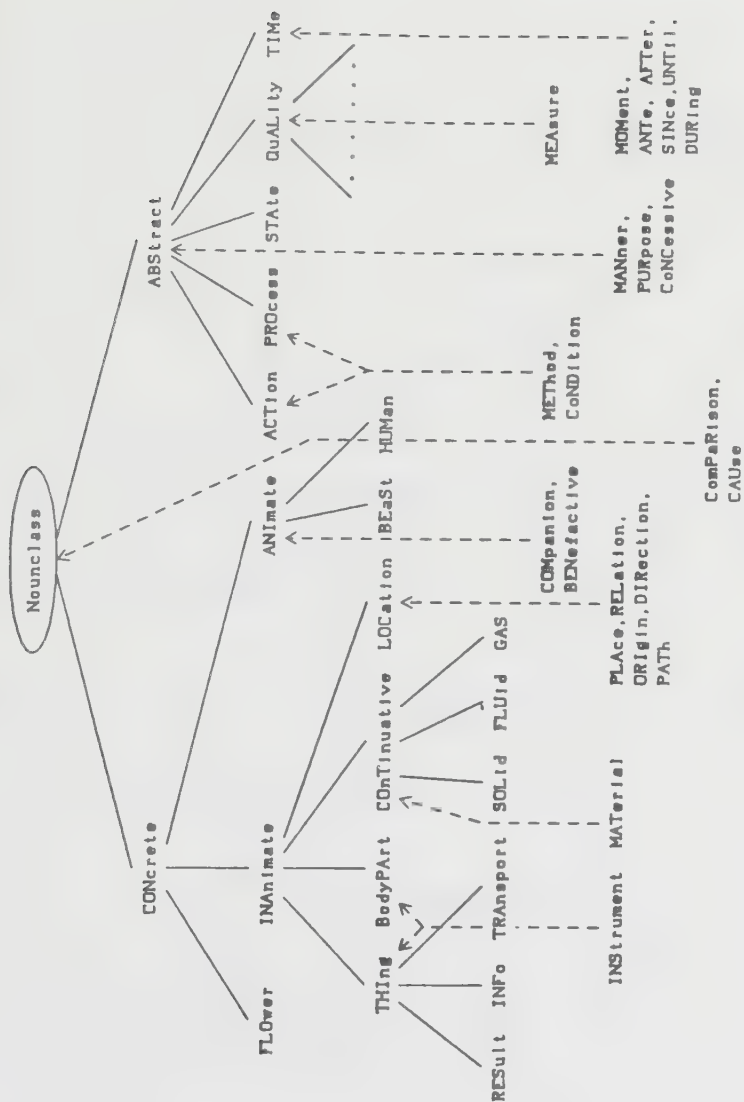


Abb. 4-2: Selektionsklassen für Substantive und Präpositionen (Ausschnitt)

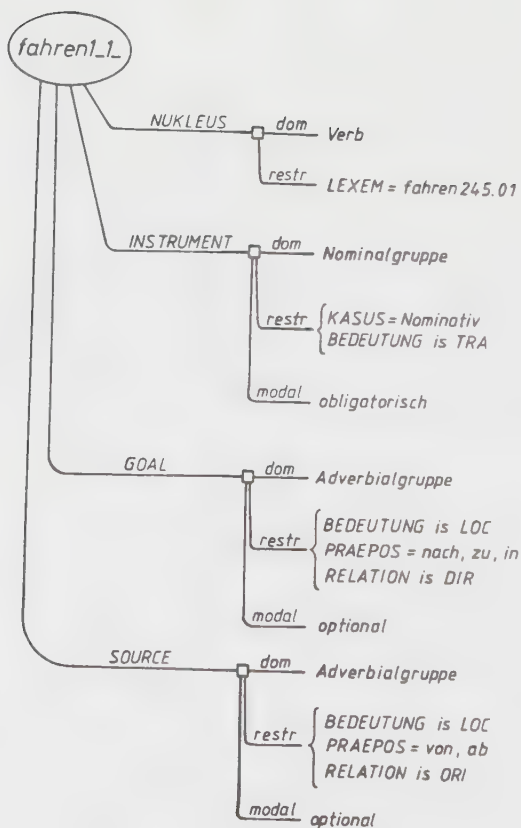


Abb. 4-3: Ein Kasusrahmen für FAHREN

Die kassusemantische Analyse stützt sich primär auf die bei den einzelnen Nuklei spezifizierten Kasusrahmen-Einträge im Lexikon. Diese wurden auf der Grundlage der Valenz aufgebaut und die einzelnen Valenzstellen mit Kasusrollen versehen. Das Wörterbuch stellt damit in einem Kasusrahmen folgende Information zur Verfügung:

Jede Ergänzung (uU. auch "naheliegende" häufig vorkommende Angaben, wie zB. eine Zeitangabe zum Verbum "fahren") wird beschrieben durch

- * eine Markierung, ob es sich um eine obligatorische oder eine fakultative Leerstelle handelt,
- * die syntaktischen Realisierungsmöglichkeiten:
 - Konstituententyp,
 - näher spezifiziert durch besondere syntaktische Merkmale (Oberflächenkasus, Numerus, Präpositionen,...),
- * Selektionsrestriktionen (semantische Klassen),
- * Angabe der Kasusrolle.

Der Kasusrahmen zu "fahren", der Abb.4-3 zugrundeliegt, ist im Lexikon folgendermaßen formalisiert:

fahren (245)

BEDEUTUNG_1: (von Fahrz.) sich fortbewegen

OBLIGATORISCH_1

KASUSFUNKTION: Nominalgruppe (KASUS: Nominativ)

TIEFENKASUS: Instrument

SELEKTION: Tra

FAKULTATIV_1

KASUSFUNKTION: Adverbialgruppe

(PRAEPOSITION: nach, zu, in;

SELEKTION: Dir)

TIEFENKASUS: Goal

SELEKTION: Loc

FAKULTATIV_2

KASUSFUNKTION: Adverbialgruppe

(PRAEPOSITION: von, ab;

SELEKTION: Ori)

TIEFENKASUS: Source

SELEKTION: Loc

Die Abbildung von syntaktischen Hypothesen (Konstituenten) auf einen der zum Verb gehörigen Kasusrahmen geschieht mittels eines inexakten matching-Algorithmus (Gerlach 1982), der versucht, die Konstituenten den Kasuspositionen zuzuordnen. Kriterien für den Strukturvergleich sind

- * der für eine Leerstelle geforderte Konstituententyp, sowie
- * die weiteren Restriktionen bzgl. syntaktischer und semantischer Kategorien.

In der Terminologie des Netzwerkformalismus (vgl. 3.2) sind diese beiden Informationen in der DOMAIN-Facette bzw. der RESTRICTIONS-Facette niedergelegt. Die syntaktische Ausprägung (Konstituententyp) eines Kasuskandidaten muß nicht direkt mit dem angegebenen DOMAIN übereinstimmen, unter Berücksichtigung der Konstituentenhierarchie (4.3.4) sind auch Spezialisierungen des geforderten Typs erlaubt.

Die Restriktionen sind als prädikatenlogische Ausdrücke über syntaktische (zB. Oberflächenkasus) und semantische (zB. Klasse) Merkmale formuliert. Die Syntax der Restriktionen wurde in 3.5.5 definiert. Ihre Auswertung liefert

- +1, falls die Restriktion erfüllt ist,
- 1, falls die Restriktion verletzt ist,
- 0, falls die Restriktion nicht evaluiert werden kann, weil ein betroffenes Merkmal in der aktuellen Konstituente nicht belegt ist.

Eine Konstituente wird nur dann als Kandidat für eine Kasusposition akzeptiert, wenn die DOMAIN-Bedingung erfüllt und die RESTRICTIONS-Bedingung zumindest nicht verletzt ist.

Als Ergebnis eines matching-Prozesses wird für eine mögliche Zuordnungskonfiguration eine Bewertung für die Übereinstimmung zwischen Kasusrahmen und Kasus-Kandidaten berechnet. Diese ist von einer Reihe von Faktoren abhängig (Gerlach 1982:69ff):

- * der Anzahl der belegten Leerstellen,
- * der Anzahl der belegten obligatorischen Leerstellen,
- * den globalen Bewertungen der verwendeten Konstituenten,
- * der globalen Bewertung des Kasusrahmens,
- * den lokalen (semantischen) Bewertungen der Konstituenten,
- * der Zahl der Restriktionen auf die Leerstellen.

Falls die Vertraglichkeitsbewertung eine Mindestschwelle überschreitet, wird eine Kasusrahmen-Instanz erzeugt, deren Leerstellen zumindest zum Teil mit Konstituenten belegt sind. Sie kann als Hypothese für die pragmatische Analyse dienen, die die anwendungsspezifische Bedeutung dieser Grundstruktur zu ermitteln hat. Hierfür kann von vielen Details (insbesondere von syntaktischen Einzelheiten) abstrahiert werden,-- im wesentlichen werden nur die semantischen Klassen und die Kasusrelationen weitergegeben.

4.2.2.1 Kasusanalyse freier Angaben

Nachdem der Valenz/Kasusrahmen nur Positionen für die lexemspezifischen Ergänzungen offenhält, müssen Angaben, die prinzipiell zu jedem Satz zusätzlich treten können, mit anderen Mitteln an die Bedeutungsstruktur angebunden werden; die Erkennung ihrer semantischen Funktion erfordert andere Kriterien.

Nebensätze und Propositional-Angaben stellen ihre Beziehung zum Satzkern in erster Linie über die semantische Klasse ihrer Funktionswörter (Konjunktionen/Propositionen) her. Bei Adjektiven hingegen, die häufig einen kategorialen sowie einen relationalen Bedeutungsaspekt in sich vereinigen, und somit dieselbe Funktion wie eine Propositionalgruppe erfüllen können, ist die relationale Komponente für den Tiefenkasus entscheidend. So trägt etwa das Adjektiv "hölzern" ("aus Holz") sowohl das lexikalische Merkmal SOLID (wie "Holz", das den Wortstamm bildet), als auch den Aspekt MATERIAL, der durch das Ableitungsmorphem "ern" hinzukommt.

Ähnlich kann bei einer Klasse von Adverbien vorgegangen werden. Auch hier bestimmt das lexikalische Merkmal RELATION die Bedeutungsfunktion. Eine andere Grob-

Klasse der Modaladverbien spielt generell die Rolle des MODALen Kasus, während die dritte Kategorie der konjunkionalen Adverbien ("hingegen", "folglich", "daneben", ...) wie Konjunktionen behandelt wird. In Abb.4-4 sind diese drei Grobkategorien als "adjuncts", "disjuncts" und "conjuncts" bezeichnet:

* "Adjuncts" sind Adverbien, die Bestandteil der Proposition sind:

zB. CLAssifying ("künstlerisch"), INTensity ("vollig"), MENTal ("traurig"), VOLitional ("widerstrebend"), LOCation ("hier"), TIME ("heute"), ReSTricitive ("nur"), ADDitive ("auch").

* "Disjuncts" kommentieren den Satz-Inhalt aus der Sicht des Sprechers:

zB. GENeralization ("allgemein"), TRUth value ("anscheinend"), VALuation ("glücklicherweise"), Emotional-EXpressive ("doch").

* "Conjuncts" erfüllen die Funktion einer Konjunktion:

zB. ENUmerative ("schließlich"), TRaNsitional ("übrigens"), SUMmative ("folglich"), APPosition ("namlich"), ConSeQuence ("daher"), RePLacive ("vielmehr"), CoNCcessive ("nichtsdestoweniger"), ADVersative ("andererseits").

(Zum Klassifikationsschema für Adnominal- und Adverbial- vgl. auch U.Ehrlich 1983).

4.2.3 Analysesteuerung durch Kontexterwartungen: top-down-Hypothesen

Der Einsatz von Kontext-Erwartungen ist für die Erkennung gesprochener Sprache unerlässlich, da diese ein so komplexes Problem darstellt, daß ein kombinatorisches Durchspielen aller bei sequentiell abarbeiten der Analyseebenen auftretenden Erkennungsalternativen nicht möglich ist. Vielmehr muß ein Wechsel zwischen diagnostischer Auswertung von Oberflächenphänomenen einerseits und Vorhersage weiterer Resultate, die sich an vorläufigen Ergebnissen orientiert, andererseits, angestrebt werden, um die Anzahl der Alternativen möglichst sinnvoll zu beschränken.

Semantische top-down-Hypothesen stützen sich auf die Information in den Kasusrahmen. Aus einer Instanz mit noch offenen Leerstellen können Vorhersagen gemacht werden über:

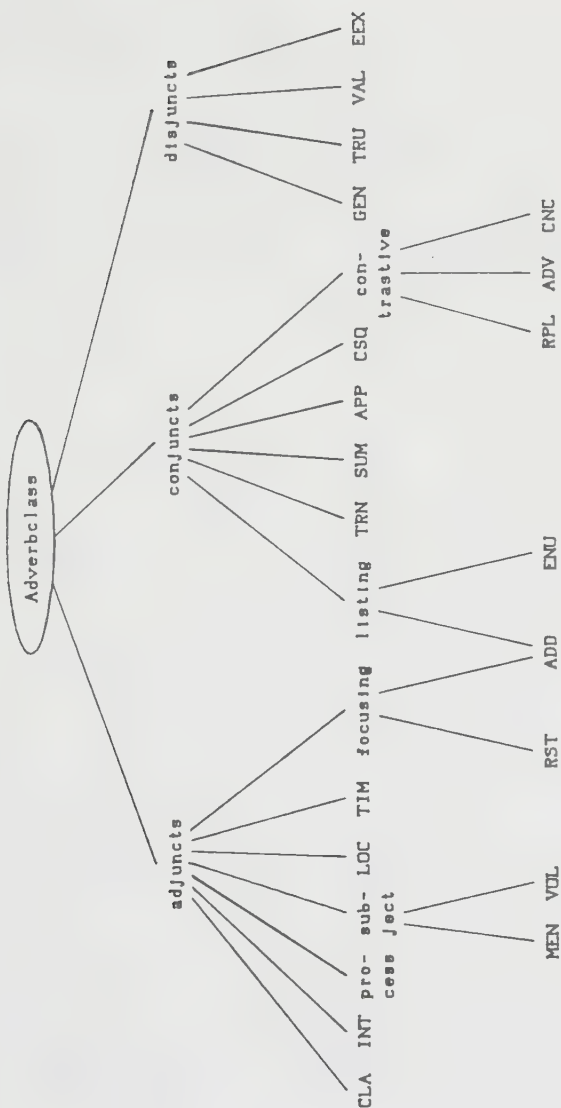


Abb. 4-4: Selektionsklassen für Adverbien

- * zu erwartende Konstituententypen, sowie spezielle syntaktische Merkmale oder spezielle Präpositionen, wie sie im Merkmal "Kasusfunktion" für die Leerstelle gefordert werden,
- * semantische Klassen, die durch die Selektionsrestriktionen gegeben sind,
- * sowie zeitliche Einschränkungen, da in der Instanz bereits belegte Intervalle auf der dem Sprachsignal unterlegten Zeitachse für die zu erwartenden weiteren Hypothesen ausgeschlossen sind (vgl. dazu auch das "Überlappungs-Problem" in 4.4.3.4).

4.3 Die semantische Wissensbasis

4.3.1 Das Lexikon

Der Semantik-Modul bezieht sein lexikalisches Wissen aus einem eigenen Wörterbuch, das nur die Semantik-Einträge der Grundformen enthält. Ein Lexikon-Eintrag hat prinzipiell folgenden Aufbau:

wortart_1:

```
bedeutung_1:
    merkm1_1
    .
    .
    merkm1_i
    .
    .
    .
```

```
bedeutung_m:
    merkm1_1
    .
    .
    merkm1_j
```

```
.
.
.
```

wortart_n:

```
bedeutung_1:
    merkm1_1
    .
    .
    merkm1_k
```

```
.
.
.
```

```
bedeutung_k:
    merkm1_1
    .
    .
    merkm1_l
```

Folgende semantische Kategorien werden derzeit von der Semantik-Komponente ausgewertet:

für Verben:	Kasusrahmen-Einträge (vgl. 4.4.3.2- "VERBFRAME_GENERIERUNG")
für Substantive:	Klasse (vgl. 4.3.2)
für Adjektive:	Selektion
für Präpositionen:	Klasse, Selektion
für Determinantien:	Negation

Ergänzende Verarbeitungsprozeduren für weitere Merkmale können in die Hilfsfunktion AMALGAM integriert werden. Ein Verteiler, der wortartenspezifisch die einzelnen Auswertungsprozeduren anstößt, ist dort in der Subfunktion EVAL_ATTR angelegt.

Das lokale Wörterbuch der Semantik-Komponente wird durch einen Praprozessor aus dem Vollformen-Lexikon des Spracherkennungs-Systems erstellt. Er extrahiert für einen ausgewählten Teilwortschatz aus der gesamten linguistischen Datenbasis die relevante semantische Information und bringt sie in eine stark komprimierte, weitgehend redundanzfreie Form.

Da semantische Information nur bei Grundformen eingetragen ist, reduziert sich der Umfang des Lexikons gegenüber dem Gesamt-Wörterbuch sehr stark, so daß es vertretbar scheint, dem Modul ein eigenes Lexikon als lokale Datenbasis zur Verfügung zu stellen. Gegenüber der Lösung, nur ein einziges zentral verwaltetes Lexikon im Spracherkenner zu halten, hat dieser Weg den Vorzug, daß der aufwendige Datenverkehr über die Hypothesenbank eingeschränkt werden kann. Die für andere Moduln ohnehin nutzlose semantische Information eines Lexems müßte in diesem Fall zu jeder flektierten Form hinkopiert werden, und das bei jedem Auftreten des Lexems als Worthypothese an irgendeiner Stelle im Sprachsignal.

Um eine unnötige Belastung der Hypothesenbank zu vermeiden, wird von Seiten der Semantik-Komponente auch nicht erwartet, daß mehrdeutige Wörter von der Datenbank in mehrere Worthypothesen expandiert werden, zwischen denen dann jeweils nur noch Entscheidungen zu fallen sind. Ein Wort wird für sie eindeutig identifiziert durch seine Wortnummer und seine Wortartnummer. Die semantische Disambiguierung wird innerhalb der Komponente vorgenommen.

Technische Einzelheiten des Lexikon-Praprozessors finden sich in 4.4.5.1.

4.3.2 Die Selektionsklassen

Zur Formulierung und Auswertung von Kombinationsbeschränkungen zwischen Wörtern wurden hierarchische Systeme von Selektionsklassen entwickelt, spezifisch für Substantive, Adjektive, Adverbien und Funktionswörter (dh. Präpositionen und Konjunktionen). Auf Konsistenz der Systeme wurde insofern geachtet, als inhaltlich verwandte Klassen in den verschiedenen Systemen auch gleiche Bezeichnungen tragen. Dies führt dazu, daß wegen der Übertragbarkeit von Lexemen in verschiedene Wortklassen (Adjektivierung, Substantivierung) insbesondere der Teilbaum der qualitativen Eigenschaften (Klasse QUALity) dem Substantiv- und dem Adjektiv-Schema gemeinsam ist (vgl. Abb.4-2).

Der Ansatz für das Substantiv- und das Präpositionen-System geht im wesentlichen auf (Koch&Heicking 1980) zurück und ist in (Müller-Meernach 1981) ausgeführt, die Erweiterung des Systems sowie die Adjektiv- und Adverb-Schemata wurden in (U.Ehrlich 1983) entwickelt.

Grundsätzlich sei darauf hingewiesen, daß mit der Klassifikation insbesondere der selbständig inhaltstragenden Lexeme (Autosemantika) wie Substantive, Adjektive und Adverbien keine umfassende Primitiva-Darstellung der Wortbedeutung angestrebt wird, vielmehr beschränkt sie sich bewußt auf eine grobe Charakterisierung der Wörter im Hinblick auf die Selektionsbeschränkungen, die sie erfüllen.

Dagegen werden die Klassen der Funktionswörter sowie der Adverbien dazu verwendet, die inhaltliche Relation (Tiefenkasus) der durch sie an den Satz angebundenen Terme zu bestimmen. Dadurch können andererseits rückwirkend anhand des Lexikon-Eintrags für diesen Tiefenkasus Entscheidungen zwischen Bedeutungsalternativen der abhängigen nominalen Glieder getroffen werden.

Es liegt nahe, daß die meisten Lexeme durch Angabe nur eines Selektionsmerkmals nicht hinreichend charakterisiert sind. Vielmehr können als Klassen-Eintrag **Mengen** von Merkmalen angegeben werden, die verschiedene Aspekte einer Bedeutung beschreiben. Je nach Kontext erfüllt das Lexem innerhalb dieser Grundbedeutung eine dieser Selektionen. Ein Beispiel:

Abfahrt

BEDEUTUNG_1: Abreise, Fahrtbeginn

KLASSE: Tim, Act

In dieser Bedeutung kann ABFAHRT sowohl als Zeitangabe fungieren ("VOR DER ABFAHRT"), als auch eine Handlung darstellen ("IHRE ÜBERSTURZTE ABFAHRT").

Davon zu trennen ist jedoch die

BEDEUTUNG_2: Hang

KLASSE: Loc

, die eine völlig andere Grundbedeutung repräsentiert. Grundsätzliche Bedeutungsalternativen schlagen sich auch im Lexikon in getrennten Einträgen nieder.

Neben der Angabe von Merkmals-mengen ist mitunter die Angabe von Pfaden im Klassenschema erforderlich, da einige Klassen sowohl als Spezialisierung der Konkreta (CON) als auch der Abstrakta (ABS) auftreten. Dies betrifft insbesondere die Klassen HUMAN (Mensch vs. Institution) und INFORMATION (Informationsträger, zB. Buch, vs. Information, zB. im Sinne von Nachricht). Im Einzelfall muß meist eine Festlegung auf eine der beiden Oberklassen erfolgen. Dies wird durch Angabe des Pfades, etwa in der Form HUM+CON, erreicht. Ein Beispiel:

Bahn

BEDEUTUNG_3: "die Bahn"

KLASSE: Hum + Abs

Als Wissensbasis des Semantik-Moduls ist die Klassenhierarchie in Form einer Spezialisierungs-Hierarchie zwischen Konzepten im Netzwerkformalismus (vgl. 3.2) realisiert. Zusätzlich werden mit den Funktionswortklassen die entsprechenden Tiefenkasusbezeichnungen assoziiert (zB. weist die Klasse DIRECTION auf den Tiefenkasus GOAL hin).

In der Wissensbasis des Pragmatik-Moduls stellt die semantische Klassenhierarchie die allgemeinste Ebene der Konzepte dar. Alle übrigen anwendungs-spezifischen Konzepte sind Spezialisierungen dieser Ebene (vgl. 5.2).

4.3.3 Das Kasussystem

Das derzeit verwendete Kasussystem geht auf drei Quellen zurück. Als Ausgangsbasis diente das in (Fillmore 1971) definierte Inventar. Es umfaßt folgende Grundkasus (Eine Definition der Kasus findet sich in (U.Ehrlich 1983)):

* AGENT:

Andrea liest die Post.

* EXPERIENCER:

Carl ist müde.

* GOAL:

Alle Wege führen nach Rom.

* INSTRUMENT:

Mit dem Fahrrad dauert das aber lange.

Dieser Text entstand mit einem Textverarbeitungssystem.

* LOCATION:

Ein Kuckuck auf dem Zaune saß...

* OBJECT:

Die schönen Tage sind nun vorüber.

* SOURCE:

Der Mann, der aus der Kälte kam.

* TIME:

Einst wird kommen der Tag,...

Hinzu kamen eine Reihe von peripheren Kasus (Tiefenkasus für Angaben), die im wesentlichen durch das Funktionswortklassensystem motiviert sind und mit diesen assoziiert werden (vgl. 4.3.2).

* ADVERSATIVE:

Ich ware gern geblieben, aber der Wagen, der rollt.

* BENEFACTIVE:

Ich habe schöne Platzkarten für Sie gefunden.

* CAUSE:

Wegen Blitzschlags geschlossen.

* COMPANION:

Mit dem ist nicht gut Kirschen essen.

* CONCESSIVE:

Trotz des Regens geöffnet.

* CONDITION:

Bei Regen haben wir geschlossen.

"Wenn du geschwiegen hättest, wärst du ein Philosoph geblieben".

* MANNER:

Paulinchen war allein zuhaus.

* MATERIAL:

Er ist aus jenem Holze geschnitzt,...

* METHOD:

Durch jahrelanges Training hat er es schließlich geschafft.

* MODALITY:

Meinetwegen könnte es noch eine Weile so weitergehen.

* PATH:

Durch diese hohle Gasse muß er kommen.

* POSSESSIVE:

Des Kaisers neue Kleider

* PURPOSE:

Ich komme, dich zu holen.

Aus den Untersuchungen zur Adjektiv- und Substantiv-Valenz schließlich entstand eine weitere Gruppe von Kasus, die zT. nur in diesem Kontext auftreten.

* EXPLICATION:

Der Prinz von Homburg

* FUNCTION:

Seine Tätigkeit als Vorsitzender war äußerst erfolgreich.

* IDENTIFICATION:

Seid Ihr nicht der Schwanendreher?

* MEASURE:

Das kostet uns wieder sechs Mannjahre Arbeit.

* NAME:

In Bamberg ruht Kaiser Heinrich II.

* RELATION:

Im Vergleich zu damals ist das noch gar nichts.

* SUBSTANCE:

Eine riesige Kanne Kaffee

* THEME:

Der Studien- und Forschungsführer "KI".

In der Literatur findet sich eine Reihe verschieden detaillierter Kasussysteme. Die hier getroffene sehr feine Unterscheidung kassusemantischer Relationen läßt sich begründen durch die Bedeutung, die in unserem System die Kasusrelationen zusammen mit den Selektionsklassen für die Verarbeitung in der Pragmatik-Komponente haben. Sie stellen die wesentlichen Elemente der Schnittstelle zwischen beiden Modulen dar: während die semantischen Klassen die allgemeinste Ebene des pragmatischen Begriffsnetzes bilden, fungieren die Kasusrelationen dort als Attributnamen und kennzeichnen die Funktion oder Bedeutung der Objekte für ein Konzept. Zusammen mit den Attribut-Modalitäten steuern sie somit entscheidend die Verarbeitung.

4.3.4 Die Konstituentenhierarchie

Für ein und dieselbe Satzgliedfunktion gibt es im Deutschen meist verschiedene morpho-syntaktische Realisierungsmöglichkeiten: so kann etwa eine adverbiale Ergänzung sowohl durch eine Prepositionalgruppe ("im letzten Sommer"), als auch durch einfache Adverbien ("gestern") oder unflektierte Adjektive ("täglich") ausgedrückt werden. Von diesen verschiedenen Konstruktionsmöglichkeiten stellen einige grundsätzlich Alternativen bei der Besetzung von Ergänzungsstellen dar, während andere verbsspezifisch sind.

Um generelle Alternativen nicht an jeder Valenzstelle aufführen zu müssen, werden die Konstituententypen in einer funktionalen Hierarchie angeordnet (Abb.4-6), die die verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten (zB. "unflektierte Adjektivgruppe") jeweils einem Repräsentanten der entsprechenden Ergänzungsklasse (zB. "Adverbial-Ergänzung") als Spezialisierung zuweist. Anstelle einer im Valenzrahmen geforderten Konstituente werden somit auch die ihr untergeordneten Typen zugelassen. Explizit im Lexikon aufgeführt werden nur noch die verbsspezifischen Alternativen, bzw. solche, die an spezielle Bedingungen geknüpft sind.

4.4 Realisierung des Semantik-Moduls

4.4.1 Die Rahmenbedingungen für die Implementierung

Die semantischen Analysefunktionen sind in einer SIMULA-Klasse (CSEMFNC) realisiert, die auf den in 3.7 beschriebenen Klassen CSEMNET und CMATCHER, sowie der Lexikon-Informationsklasse CINFLEXIKON aufsetzt. Eine Inkarnation von CSEMNET definiert dabei das semantische Netz, auf dem die Funktionen arbeiten, während CMATCHER die matching-Operationen bereitstellt. Die Lexikon-Information besteht in der Adresse, an der sich zu einem Wort in einer bestimmten Wortart die semantische Information befindet. Die Klasse CSEMFNC selbst realisiert die "Experten-Funktionen" des Moduls, seine internen Warteschlangen (Agendae) und Kontroll-Parameter, durch die seine interne Strategie gesteuert werden kann. Die konzeptionelle Struktur des Semantik-Moduls zeigt Kap.4.4.2.

KONSTITUENTE

Teilsatz:

- Hauptsatz (S)
- eingeleiteter Nebensatz (NS)
- Infinitiv-Nebensatz (INFS)
- Relativsatz (RELS)

Verbalkomplex:

- Hauptsatz-Verbalkomplex (HSVK)
- Nebensatz-Verbalkomplex (NSVK)
- Infinitiv-Verbalkomplex (INVK)

Nominalgruppe:

- einfache Nominalgruppe (NG)
- relativische Nominalgruppe (RELNG)
- koordinierte Nomina (KOORDN)
- koordinierte Nominalgruppe (KOORDNOMEN)

Adverbialgruppe:

- reine Adverbialgruppe (ADVG)
- Praepositionalgruppe (PNG)
- unflektierte Adjektivgruppe (ADJUG)

(flektierte) Adjektivgruppe:

- einfache Adjektivgruppe (ADJG)
- koordinierte Adjektive (KOORDADJ)
- koordinierte Adjektivgruppe (KOORDADJG)
- Zahlgruppe (ZHL)

4.4.2 Modul-Struktur

Die Hauptfunktionen des Moduls, die den oben definierten Teil-Aufgaben "lokale Interpretation", "Kasusrahmen-Analyse" und "top-down-Hypothesisierung" entsprechen, werden in 4.4.3 spezifiziert. Den Wissensmoduln des Spracherkennungssystems

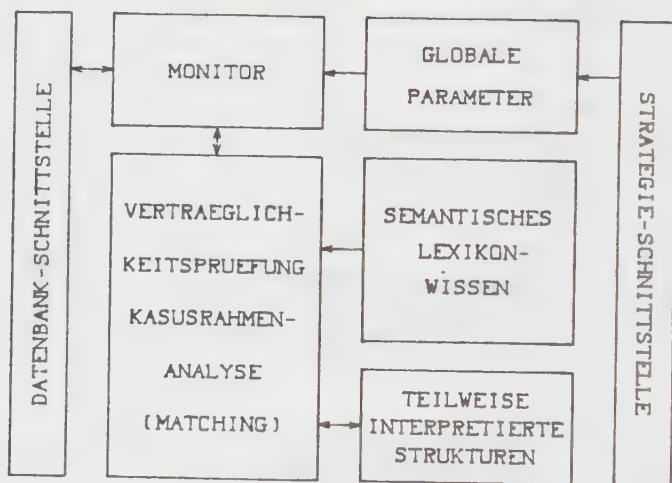


Abb. 4-6: Die Struktur des Semantik-Moduls

liegt eine weitgehend schematisierte uniforme Struktur zugrunde:

Ein **Monitor** steuert den Modul nach einer lokalen Strategie, die wiederum durch **Strategie-Parameter** von außen der globalen Kontrollstrategie angepaßt werden kann. Das **algorithmische Wissen** des Moduls ist in einer Reihe von Hauptfunktionen implementiert, die einerseits auf privates **faktisches (passives) Wissen** zugreifen, andererseits über die **Hypothesenbank-Schnittstelle** vom Monitor mit Hypothesen versorgt werden. Darüberhinaus besitzt der Modul einen privaten Speicherbereich für **Zwischenergebnisse (unfertige Hypothesen)**.

Abb.4-6 zeigt die Ausprägung dieses Konzepts für den Semantik-Modul.

4.4.3 Teilprozesse

Die oben theoretisch motivierten Teilprozesse des Semantik-Moduls sind in folgenden Hauptfunktionen realisiert:

- * Die lokale Interpretation ist die Aufgabe der Hauptfunktion KONSTITUENTEN_INTERPRETATION. (Ihre formale Beschreibung findet sich in 4.4.3.2).
- * FRAME_SATZ_MATCH ist eine der vier Hauptfunktionen, die die Kasusrahmen-Analyse erledigen. Hier wird versucht, eine Satzhypothese auf einen der Kasusrahmen abzubilden, die zum Vollverb des Satzes gehören (vgl. 4.4.3.3).
- * FRAME_KONSTIT_MATCH wählt aus einer Menge von Konstituenten-Hypothesen diejenigen aus, die sich als Kandidaten in die Kasuspositionen eines Kasusrahmens einpassen lassen (vgl. 4.4.3.4).

Diese Funktion wurde geschaffen, um bei der Kasusrahmen-Analyse nicht wie FRAME_SATZ_MATCH auf die syntaktische Korrektheit einer Äußerung angewiesen zu sein, bzw. um nicht den Abschluß der syntaktischen Analyse abwarten zu müssen, bevor mit der Kasusrahmen-Analyse begonnen werden kann. Das matching mit Konstituenten-Mengen ermöglicht einerseits zumindest Teil-Interpretationen unvollständiger oder unvollständig erkannter Eingaben. Die erzeugten Teil-Instanzen lassen sich darüberhinaus für die Steuerung der weiteren Analyse durch Erwartungen bezüglich restlicher Attribute auswerten.

- * INTERPRETATION_VERVOLLSTAENDIGEN schließlich hat die Aufgabe, eine Teil-Interpretation, in der alle notwendigen Leerstellen gefüllt sind, so zu komplettieren, daß sie einen genügend großen Bereich des Sprachsignals abdeckt, um als vollständige Hypothese über die Äußerung gelten zu können (vgl. 4.4.3.5).
- * Die Generierung von Hypothesen, die als Erwartungen aus Teilergebnissen abgeleitet werden können, leistet die Funktion TOP_DOWN_HYPOTHESEN (vgl. 4.4.3.6).

Bevor die einzelnen Haupt- und deren Hilfsfunktionen näher spezifiziert werden, soll zunächst der für alle Funktionen zentrale Begriff der "semantischen Verträglichkeit" geklärt werden.

4.4.3.1 Definition der Vertraglichkeit semantischer Klassen

In 4.3.2 ("Selektionsklassen") wurde das semantische Klassifikationssystem eingeführt. Für die semantische Interpretation spielt der Begriff der "Vertraglichkeit" zwischen diesen Klassen eine wesentliche Rolle.

Sowohl die Amalgamierung als auch die Kasusrahmen-Analyse stützen sich darauf, daß von bestimmten Kategorien von Wörtern Restriktionen bezüglich ihrer "Mitspieler" ausgehen. Eine solche Forderung nach bestimmten semantischen Klassen wird als "Selektion" bezeichnet.

Sollen Wörter oder Wortgruppen zu einer syntaktischen und semantischen Einheit kombiniert werden, so muß überprüft werden, ob die abhängigen Elemente die Selektion der übergeordneten erfüllen, dh. ob ihre semantische Klasse mit der selektierten Klasse "vertraglich" ist. Diese "Vertraglichkeit" soll im folgenden formal definiert werden:

Definition: Eine Klasse A ist zunächst mit einer selektierten Klasse B "VERTRAGLICH", wenn A mit B identisch oder A Spezialisierung von B ist (5).

Da die Spezialisierungsrelation antisymmetrisch ist (6), gilt auch die Vertraglichkeitsbeziehung im allgemeinen nur in einer Richtung, außer wenn die Klassen identisch sind.

Diese Definition ist nun auf die in 4.3.2 eingeführten komplexen Klassen-Ausdrücke zu erweitern, die sowohl als Klasse als auch als Selektion auftreten können. Neben einfachen Klassen müssen zunächst "Mengen-Ausdrücke" berücksichtigt werden, die verschiedene Merkmale einer Bedeutung zusammenfassen:

Essen

BEDEUTUNG_2: Essens Stadtverwaltung

KLASSE: Nam, Hum + Abs

(5) So ist zB. nach Abb.4-2 die Klasse TRA sowohl mit TRA als auch mit TH1 vertraglich.

(6) "A ist Spezialisierung von B" impliziert, daß "B ist NICHT Spezialisierung von A, AUSSER wenn A identisch B".

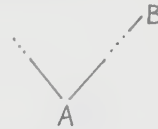
In dieser Bedeutung hat das Substantiv "Essen" zwei Aspekte: es ist ein Name, steht aber auch für eine Gruppe von Menschen, die hier nicht als konkrete Lebewesen, sondern als eine abstrakte Einheit gemeint sind. Da die Klasse HUMAN sowohl als Subklasse der Konkreta (CON) als auch der Abstrakte (ABS) auftritt, muß in einigen Kontexten spezifiziert werden, in welchem Sinn die Klasse HUMAN aktuell gemeint ist. Dies geschieht durch Angabe des Ableitungspfad im Klassenbaum (HUM + ABS). Eine solche Form der Klassen-Angabe sei als "Pfad-Ausdruck" bezeichnet.

Aus dieser Motivation wird klar, wie Klassen, die in Pfad-Ausdrücken bzw. in Mengen-Ausdrücken auftreten, im Baumschema zueinander liegen müssen:

a) A, B



b) A + B



Klassen-Ausdrücke genügen der folgenden Syntax:

klassenausdruck ::= klasse

mengenausdruck

pfadausdruck

mengenausdruck ::= klassenausdruck, klassenausdruck

pfadausdruck ::= klasse1 + klasse2

(mit klasse1 Spezialisierung von klasse2)

Mit:

A Klassen-Ausdruck

B Klassen-Ausdruck

0 "nil"

ERFÜLLT Vertraglichkeitsrelation

gelten folgende Vertraglichkeitsaxiome:

A ERFÜLLT A

A ERFÜLLT 0

0 ERFÜLLT 0

A+B ERFÜLLT A

A+B ERFÜLLT B

A,B ERFÜLLT A

A,B ERFÜLLT B

A ERFÜLLT A,B

B ERFÜLLT A,B

A ERFÜLLT A+B

B $\neg$ ERFÜLLT A+B

Daneben darf folgende **Schlußregel** angewendet werden:

A ERFÜLLT B , B ERFÜLLT C

A ERFÜLLT C

Anwendung: Wortklassen mit Merkmal "Selektion" sind derzeit die Präpositionen und die attributiven (ie. die flektierten) Adjektive. Ihre Selektion wirkt stets auf den Substantiv-Kern einer Nominalgruppe, wobei im Rahmen einer Präpositionalgruppe den Restriktionen durch die Präposition gegenüber denen des Adjektivs eine höhere Priorität gewährt wird. Es werden zunächst diejenigen Substantiv-Alternativen ausgeschieden, die mit der Präposition unverträglich sind. Erst dann wird die Verträglichkeit der übrigen mit den Adjektiv-Restriktionen untersucht.

4.4.3.2 Hauptfunktion KONSTITUENTEN_INTERPRETATION

Beschreibung des Algorithmus:

1. Wahl einer global hoch bewerteten Syntaxhypothese SH aus der Hypothesenbank (evtl. innerhalb durch Strategieparameter gegebener Grenzen im Sprachsignal), die noch keine semantische Bewertung trägt. Der Inhalt der SH ist ein linearisierter Syntaxbaum, der die von der ATN-Grammatik ermittelte syntaktische Struktur einer Konstituente wiedergibt.

Beispielsweise für die Präpositionalgruppe "aus dem späteren Zug" hat die Syntaxhypothese folgenden Inhalt (die Struktur wurde in 4.4.5.2 definiert):

```

(PNG (STRING (aus dem späteren Zug))
      (NUKLEUS (Präp aus1475.01))
      (( (Prap aus1475.01))
         (NG (KASUS Dativ)
              (GENUS mas)
              (NUMERUS Singular)
              (NUKLEUS (N Zug122.01))
              (
                ((Det der340.01))
                ((Adj später305.01))
                ((N Zug122.01))) ) ) )

```

2. Umsetzung der Klammerstruktur der SH in den Netzwerkformalismus. Für jeden Konstituententyp (NG, PNG, ADJG, VG, S, s.u.) definiert ein Konzept als Prototyp die zu erzeugende Netz-Struktur. Die Instantiierung der SH liefert eine Konstituenten-Instanz I. (Die Überführung von Syntaxbäumen in semantische Netzwerke, die die Schnittstelle zwischen den Repräsentationsformalisen der Syntax und der Semantik darstellt, ist ausführlich beschrieben in (Gerlach 1982:30ff)). Die PNG-Instanz für das obige Beispiel zeigt Abb.4-7.
3. Je nach dem Konstituententyp werden auf I die entsprechenden unten spezifizierten Interpretationsfunktionen und Konsistenzprüfungen ausgeführt. Sie liefern neben einer Reihe von semantischen Merkmalen eine lokale Bewertung für I.

Derzeit sind die Konstituententypen NG (Nominalgruppe), PNG (Präpositionalgruppe), ADJG (Adjektivgruppe), VG (Verbalgruppe) und S (Satz) vorgesehen. Damit sind die Konstituenten abgedeckt, die von der derzeit verwendeten Grammatik (ATN127) erzeugt werden; die ADJG stellt einen Zusatz dar. Im einzelnen werden folgende Funktionen angestoßen:

* Für Nominalgruppen, Präpositionalgruppen und Adjektivgruppen sind zwei Interpretationsschritte erforderlich:

Zunächst werden die Wortart-spezifischen semantischen Merkmale (vgl. 4.3.1) jedes einzelnen Attributs der Gruppe ausgewertet. Dabei werden gleichzeitig diejenigen Attribute in einer Liste gesammelt, die Selektionsbeschränkungen auf den Nukleus der Gruppe ausüben.

Falls es sich bei einem Attribut um eine eingebettete Konstituente (zB. eine

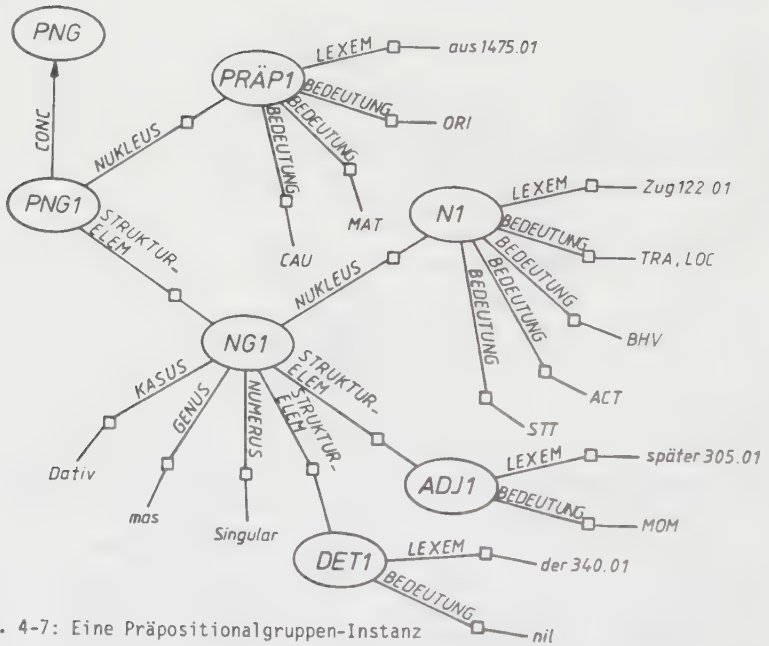


Abb. 4-7: Eine Präpositionalgruppen-Instanz

Adjektivgruppe) handelt, wird KONSTITUENTEN_INTERPRETATION rekursiv aufgerufen.

Im zweiten Schritt wird mit der so ermittelten Liste selektierender Attribute die Funktion AMALGAM auf die Konstituente I angewendet, um die semantische Konsistenz der Gruppe zu überprüfen (s.u.).

- * Für Verbalgruppen ist die VERBFRAME_GENERIERUNG (s.u.) auszuführen. Für die verschiedenen Verb-Bedeutungen werden entsprechend dem Lexikon-Eintrag Kasusrahmen angelegt. Sie erhalten als Priorität die lokale Bewertung der zugrundeliegenden VG und werden entsprechend in die KONZEPT_AGENDA eingereiht. Die von der VG belegten Intervalle im Sprachsignal (Anfangszeit, Endzeit) werden dort im Attribut ZEITFOLGE vermerkt.
- * In Satz-Instanzen muß jede einzelne Konstituente (dh. jedes "Strukturelement") durch AMALGAM interpretiert werden. Daneben ist für das Verb des Satzes VERBFRAME_GENERIERUNG auszuführen.
Als lokale Bewertung der Satz-Instanz I wird die mittlere lokale Bewertung der Strukturelemente angenommen.

4. Die Syntaxhypothese SH erhält als semantische Bewertung die lokale Bewertung

der Instanz I.

5. Einreihung von I in das INSTANZ_VERZEICHNIS, das jeder Hypothesennummer die Namen der Instanzen zuordnet, die aus der Hypothese hervorgegangen sind.

Hilfsfunktion AMALGAM

- 1.1 Sei S die Menge der Attribute von I, die selektierende Funktion haben.

Zu jeder Bedeutungs-Alternative NB des Nukleus von I wird die mit NB am besten vertragliche Bedeutungs-Alternative eines jeden Attributes aus S ermittelt. Dazu wird je nach der Wortklasse des Attributs ein spezieller Konsistenztest zwischen jeder Attribut-Alternative AB und NB ausgeführt und die Vertraglichkeit (im oben definierten Sinne) eines jeden NB/AB-Paares bewertet.

- 1.2 Falls die Vertraglichkeitsbewertung zwischen NB und der best-bewerteten Attribut-Bedeutung einen Mindestwert (Strategieparameter) überschreitet, wird diese Attribut-Bedeutung durch eine `*PREFER`-Kante zur Nukleus-Bedeutung als passend markiert. (vgl. Abb.4-8)

- 1.3 Jede Nukleus-Bedeutung erhält als lokale Bewertung den Quotienten

$$\frac{\text{Anzahl der dazu passenden Attribute/}}{\text{Anzahl der untersuchten Attribute}}$$

, bzw. 1, falls keine Attribute mit Konsistenztests in I enthalten sind.

2. I bekommt als Werte des Merkmals `ˆKlasseˆ` die best-bewerteten Nukleus-Bedeutungen übergeben.
3. Ist I eine PNG, so werden analog zur `ˆKlasseˆ` die besten Prapositions-Bedeutungen als Werte des Merkmals `ˆRelationˆ` angelegt.
4. Die lokale Bewertung von I berechnet sich aus einer Funktion

$$F(\text{lokale Bewertung der besten NB,} \\ \text{lokale Bewertungen der markierten Attribute,} \\ \text{lokale Bewertungen der nicht-vertraglichen Attribute}).$$

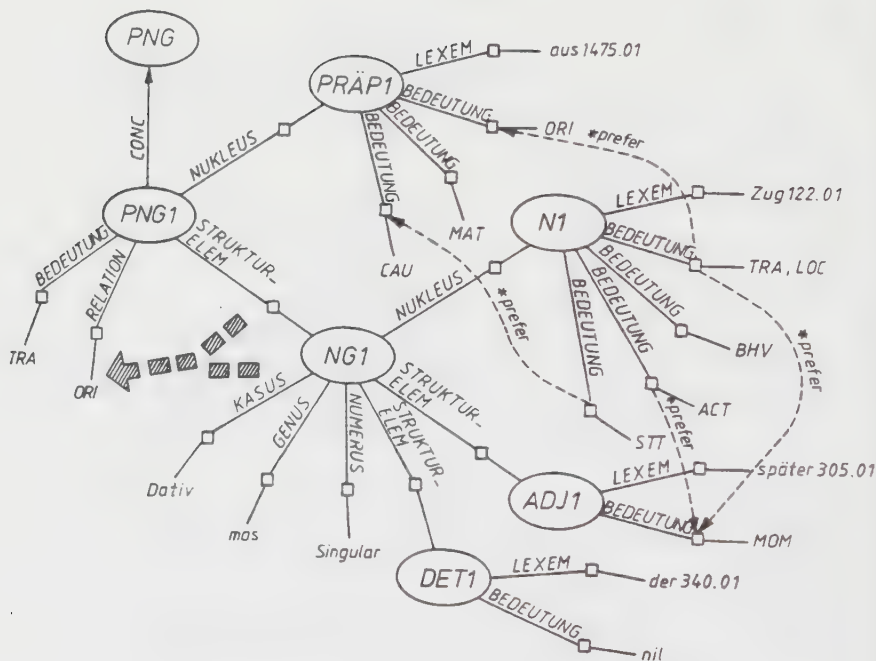


Abb. 4-8: Interpretation einer PNG-Instanz

Hilfsfunktion VERBFRAME_GENERIERUNG

Aus jedem Bedeutungs-Eintrag zu einem gegebenen Verb mit einer gegebenen Wortartnummer wird ein eigenes Kasusrahmen-Konzept generiert. Die Lexikon-Einträge haben folgenden Aufbau:

(Großgeschriebene Symbole sowie die Zeichen "_", "(", ")" und ":" stellen Terminale dar,

* steht für beliebig häufige (incl. 0-malige) Wiederholung,
der Index "i" deutet die Numerierung der Leerstellen an,
Ausdrücke in "/" sind Kommentare.)

kasusrahmeneintrag ::= obligatorische valenzstelle *

fakultative valenzstelle *

obligatorische valenzstelle ::= OBLIGATORISCH_i
leerstellenbeschreibung

fakultative leerstelle ::= FAKULTATIV_i
leerstellenbeschreibung

leerstellenbeschreibung ::=

KASUSFUNKTION: konstituententyp (restriktionen)

TIEFENKASUS: kasusname

SELEKTION: klassenausdruck

konstituententyp ::= /vgl. 4.4.5.2- "Schnittstelle
zum Syntax-Modul"/

restriktionen ::= /vgl. 3.5.5- "Restriktionen"/

kasusname ::= /vgl. 4.3.3- "Das Kasussystem"/

klassenausdruck ::= /vgl. 4.4.3.1- "Verträglichkeit..."/

Aus dem Lexikon-Eintrag wird wie folgt ein Konzept konstruiert:

- a) Der Konzeptname wird gebildet aus dem Verb, der Wortart- und der Bedeutungsnummer (also zB. FAHREN1_1_).
- b) Aus jeder leerstellenbeschreibung wird ein Attribut konstruiert mit folgenden Facetten:

* NAME = der tiefenkasus

* DOM = der konstituententyp

* MODAL= "OBL", falls der Kasus OBLIGATORISCH,
"OPT", falls der Kasus FAKULTATIV ist,

* RESTR= die restriktionen aus der KASUSFUNKTION,
konjunktiv verknüpft mit dem klassenausdruck
der SELEKTION.

* NUM = "1,1" (dh. jeder Kasus darf genau einmal

realisiert sein).

Hilfsfunktion SEMANTIK_HYPOTHESEN_GENERIERUNG

- .1 Die zu generierende Hypothese zur Konstituenten-Instanz I soll die "beste Interpretation" der Konstituente repräsentieren. Die Prototypen für die Konstituenten geben an, welche Attribute eine semantische Repräsentation enthalten soll. (Die der Semantik bekannten Prototypen finden sich in 4.4.5.2- "Schnittstelle zum Syntax-Modul".)
- .2 Zur Hypothesen-Generierung wird der entsprechende Prototyp (also zB. das PNG-Konzept) neu instantiiert, wobei die notwendigen Attribute (MODAL = "OBL") mit den aktuellen Werten aus der Konstituente belegt werden.
- .3 Falls durch den matching-Prozeß Mehrdeutigkeiten aufgelöst werden konnten, so werden nur mehr die verbleibenden Alternativen in die Hypothese übernommen. Zu diesem Zweck werden etwa Entscheidungen zwischen mehreren semantischen Klassen, die durch die Restriktionen getroffen werden können, als Information in dem Attributknoten vermerkt, an dem die Restriktion angewendet wurde.
- .4 Da eine Interpretation so eindeutig wie möglich sein sollte, genügt es nicht, eine Konstituente als Kasus-Kandidaten zu akzeptieren, sobald sie in einer Bedeutung die Restriktion des Kasus (zB. des GOAL) erfüllt. Vielmehr können dann **in diesem Kontext** zB. die Bedeutungs-Alternativen "TIME" oder "INSTRUMENT" ausgeschlossen werden. In der erzeugten Hypothese würde in diesem Fall für die Konstituente, die das GOAL-Attribut ausfüllt, nur noch die Bedeutung "DIRec-tion" auftreten.

Die Hypothese enthält damit als evtl. pragmatisch auswertbare Information:

- . den Wortlaut des Nukleus von I
- . die (best-bewertete) semantische Klasse des Nukleus von I
- . die Kasusrahmen-Struktur von I
- . die Wortlaute und semantischen Klassen der Nuklei der eingebetteten Konstituenten
- . die pragmatisch relevanten semantischen und syntaktischen Merkmale von I (dazu gehören beispielsweise alle Kategorien, die zur Auflösung von Referenzen eine Rolle spielen)

- die lokale Bewertung von I, die ein Maß für die semantische Plausibilität der Konstituente abgeben soll.

4.4.3.3 Hauptfunktion FRAME_SATZ_MATCH

1. Wahl einer global und lokal gut bewerteten Syntax-Hypothese vom Typ S (=Satz).
2. Der Hypothesen-Nummer des Satzes ist im INSTANZ_VERZEICHNIS die daraus hervorgegangene Instanz S zugeordnet. Die aus dem Verb des Satzes generierten Kasusrahmen sind Elemente der KONZEPT_AGENDA und über spezielle Kanten (*PRE-Kanten) mit der Instanz S verbunden.
3. Für jeden Kasusrahmen zu S wird ein matching-Prozeß angestoßen, mit folgenden Randbedingungen:
 - matching-Typ = "CI" (also "Konzept auf Instanz"), wobei das Konzept ein Kasusrahmen aus der KONZEPT_AGENDA ist und S die zu prüfende Instanz,
 - der Gewichtungsfaktor G8 ("Verbindungsbewertung der Instanz" vgl. Gerlach 1982:72) im Matcher muß auf einen hohen Wert gesetzt werden. Dadurch erhalten diejenigen Alternativen der Zuordnung eine hohe Priorität, die möglichst viele Konstituenten im Kasusrahmen unterbringen.
 - Kriterium für die Abbildung von Konstituenten auf Leerstellen des Kasusrahmens ist der dort spezifizierte Wertebereich (Angabe des Konstituententyps in der DOM-facette). Dies wird durch den matching-Parameter DOM gesteuert.

Zusätzlich müssen die in der RESTRICTIONS-facette angegebenen Tests zumindest nicht verletzt sein.

 - der matching-Parameter TIME muß nicht gesetzt werden, da die zeitliche Konsistenz eines Satzes bereits von der syntaktischen Analyse garantiert wird.
4. Falls die unter 3. erzielte matching-Bewertung einen Mindestwert überschreitet (Strategieparameter), wird eine Ergebnis-Instanz erzeugt und in die ZEIT_VOLL_AGENDA eingereiht.

5. Die entstandene Instanz enthält mit großer Wahrscheinlichkeit noch Strukturelemente, die auf keinen Kasus abgebildet werden konnten, da sie keine Valenzstellen absattigen, sondern freie Angaben darstellen. Daneben treten in vielen Kasusrahmen Kasuspositionen mit dem unspezifizierten Namen "NIL" auf. Diese beiden Probleme müssen in der weiteren Analyse von der Hauptfunktion INTERPRETATION_VERVOLLSTÄNDIGEN behandelt werden.

4.4.3.4 Hauptfunktion FRAME_KONSTIT_MATCH

Der entscheidende Unterschied der Hauptfunktion FRAME_KONSTIT_MATCH zu der oben erläuterten zweiten matching-Funktion FRAME_SATZ_MATCH besteht darin, daß nicht eine vollständige (zeitlich zusammenhängende) syntaktische Interpretation auf den Kasusrahmen des Verbs abgebildet wird, sondern eine Reihe von unzusammenhängenden Konstituenten daraufhin untersucht wird, welche von ihnen die besten Kandidaten für die Leerstellen eines möglichen Kasusrahmens sein könnten.

Dieses Vorgehen bringt eine Reihe von speziellen Teilproblemen mit sich, die einerseits die Strategie bei der Auswahl der Kandidaten betreffen, andererseits mit der Berücksichtigung der zeitlichen Lage der Hypothesen zusammenhängen. Bevor der eigentliche Algorithmus der Hauptfunktion wiedergegeben wird, sollen diese Probleme zunächst umrissen und insbesondere die implementierten Lösungen motiviert werden.

a) Das "Prioritätsproblem"

Zunächst ist zu klären, nach welchen Kriterien sich die PRIORITÄT der generierten KASUSRAHMEN bestimmt. Folgende Möglichkeiten sind denkbar:

- * Als naheliegendstes Kriterium bietet sich die globale Bewertung der Verbalgruppe an, die der Generierung des Kasusrahmens zugrundeliegt.
- * Unter Umständen wäre es sinnvoll, ein Verb, dessen Kasusrahmen bearbeitet werden soll, zunächst vom Pragmatik-Modul bewerten zu lassen, um einen Anhaltspunkt dafür zu erhalten, ob es im thematischen Zusammenhang der Äußerung überhaupt für plausibel gehalten wird. Dies setzt allerdings eine semantische bzw. Pragmatik-orientierte Klassifikation der Verben voraus, die derzeit nicht gegeben ist.

Für einzelne Verben, die ausdrücklich im Netzwerk der pragmatischen Wissensbasis auftreten (zB. "UMSTEIGEN"), kann allerdings auch momentan der Pragmatik-Modul über seine lokale Bewertung seine Präferenz zum Ausdruck bringen. Da die Systemkonzeption eine direkte Kommunikation der Moduln nicht zuläßt, kann diese Information vom Semantik-Modul zwar nicht gezielt ausgenutzt werden, sie kommt aber indirekt über die globale Bewertung der Verbalgruppen-Hypothese wieder ins Spiel und kann somit die Priorität des Kasusrahmens positiv beeinflussen.

- * Möglicherweise wäre auch daran zu denken, die Anzahl der Leerstellen in Relation zur Länge der Äußerung zu betrachten. Je kürzer ein Satz (-fragment), desto unwahrscheinlicher scheint es, daß er eine umfangreiche Kasusstruktur realisiert. In Anbetracht der Kürze von Adverbien und Pronomina scheint es jedoch zweifelhaft, ob diese Idee ein tragfähiges Kriterium liefert, -sie wurde daher auch nicht weiter verfolgt.

b) Das "Teil-Instanzen-Problem"

Im allgemeinen werden beim matching von Kasusrahmen mit Konstituenten-Mengen TEIL-INSTANZEN entstehen, die noch weitere offene Leerstellen besitzen. Die lokale Strategie muß nun entscheiden, wie mit diesen weiter verfahren werden soll.

Grundsätzlich sind bei der AUSWAHL DER ZIELSTRUKTUR für den matching-Prozeß folgende alternative Strategien denkbar:

- * Es wird versucht, durch frühere matching-Prozesse entstandene Instanzen zu vervollständigen, ie. die noch offenen Leerstellen zu füllen. Dabei könnte die Priorität darauf liegen, daß
 - möglichst viele Attribute belegt werden, oder daß
 - ein möglichst großer Bereich des Sprachsignals von der Instanz überdeckt wird. Dies bedeutet aus der Sicht der Erkennung, daß eine möglichst durchgehende Interpretation für die Eingabe gesucht wird. Dabei muß möglicherweise auch auf schlecht bewertete Hypothesen zurückgegriffen werden.

Voraussetzung für ein solches Vorgehen ist, daß Fehlstellen in der Eingabe

wie Storgerausche, Pausen, Rauspern, etc. auch als solche erkannt werden und nicht vergeblich versucht wird, auch an diesen Stellen Hypothesen zu bilden, um den abgedeckten Zeitbereich zu vervollständigen.

- * Unter der Annahme, es könnten seit dem letzten Versuch mit dem aktuellen Kasusrahmen neue und bessere Konstituenten gefunden worden sein, wird bei jedem matching eine neue Instanz mit den aktuell global besten Konstituenten gebildet. Auch hier kann der Schwerpunkt auf den zeitlichen Aspekt oder auf die Vollständigkeit gelegt werden.
- * Denkbar wäre darüberhinaus eine Mischstrategie, die zum gegebenen Zeitpunkt von der zweiten Alternative auf die erste umschaltet und die Zeit-Vollständigkeit erst gegen Ende der Analyse beachtet. Die günstigste Vorgehensweise muß sicher die Erfahrung erbringen. Als Voraussetzung dafür werden die Strategie-Kriterien als von außen steuerbare Parameter angelegt.

c) Das "Alternativen-Problem"

Ein weiteres Problem stellt sich mit der Erzeugung ALTERNATIVER matching-Ergebnisse.

- * Ist es günstig, auf eine matching-Anforderung sämtliche möglichen Zuordnungen auf einmal zu liefern, oder sollten
- * Zwischenzustände aufgehoben und erst auf Nachforderung weitere Alternativen erzeugt werden?

d) Die gewählte Strategie

In der implementierten Strategie wurden bezüglich der Problempunkte (a)-(c) folgende Entscheidungen getroffen:

- * Noch unbearbeitete Kasusrahmen-Konzepte und Teil-Instanzen (mit einigen gefüllten Leerstellen) werden in zwei getrennten AGENDAS gehalten.

Solange die TEIL_INSTANZ_AGENDA Elemente mit Priorität größer oder gleich einem Schwellwert (Strategieparameter) enthält, werden diese weiter bearbei-

tet. Ist dagegen der Schwellwert höher als die Priorität der besten Teil-Instanz, wird auf die KONZEPT_AGENDA umgeschaltet und mit dem best-priorisierten Kasusrahmen werden neue Teil-Instanzen erzeugt.

- * Das matching erfolgt dabei stets unter dem Aspekt, möglichst viele der Leerstellen zu füllen. Dies wird über einen Gewichtungsfaktor für die Paarbewertung im matching-Prozeß gesteuert. Er bewirkt, daß solche Leerstellen, für die es wenige passende Konstituenten gibt, mit hoher Priorität belegt werden. Auf die Zeit-Vollständigkeit wird in diesem Stadium kein besonderes Gewicht gelegt.
- * Es werden bei einem Aufruf einer der matching-Hauptfunktionen sämtliche Alternativen erzeugt, jedoch nur für diejenigen Konfigurationen, deren Bewertung einen Schwellwert übersteigt, eine Ergebnis-Instanz konstruiert.

Die Erzeugung aller Alternativen ist insbesondere insofern vertretbar, als den größten zeitlichen Aufwand die Vorarbeiten zur ersten Alternative in Anspruch nehmen. Insbesondere müssen hierbei sämtliche Kombinationen von Leerstellen und Konstituenten auf Zulässigkeit überprüft werden. Aus dieser Menge zulässiger Paare dann eine Teilmenge auszuwählen, die eine konsistente Kombination darstellt, ist im Vergleich dazu nur mehr wenig aufwendig.

Ein weiteres Argument für die Erzeugung aller Alternativen besteht darin, daß unter gewissen Randbedingungen (s. (e)) nicht gewährleistet ist, daß die beste Alternative zuerst gefunden wird.

- * Die Untersuchung der zeitlichen Vollständigkeit einer Hypothese (Kasusrahmen-Instanz) wird erst in dem Moment sinnvoll, wo die angelegten Leerstellen, die ja die notwendigen Satzglieder repräsentieren, mit Konstituenten belegt sind. Erst dann kann versucht werden, Lücken im abgedeckten Bereich des Sprachsignals zu füllen. Linguistisch gesehen bedeutet dies, daß diejenigen Satzglieder, die zusätzlich zum notwendigen Grundgerüst des Satzes realisiert sind (‘freie Angaben’), in dieses eingebunden werden müssen. Diese Aufgabe wird durch eine eigene Hauptfunktion INTERPRETATION_VERVOLLSTÄNDIGEN abgedeckt.

e) Das ‘Überlappungs-Problem’

Bei der Kombination von einzelnen Konstituenten-Hypothesen zu einer umfassenden

ren Hypothese (also in eine Kasusrahmen-Instanz) muß beachtet werden, daß nicht innerhalb einer Hypothese zeitlich konkurrierende Konstituenten zusammengefaßt werden. "Zeitlich konkurrierend" meint dabei, daß die Überlappung der Konstituenten im Sprachsignal einen Schwellwert (Strategieparameter12: WORTGRENZENKRITERIUM) überschreitet. Betrachtet man eine Kasusrahmen-Instanz als eine Interpretation der Eingabe, so können nicht verschiedene Hypothesen über ein und denselben Bereich des Sprachsignals zugleich verschiedene Kasusfunktionen realisieren.

Der matching-Prozeß muß dies bei der Auswahl der Kandidaten aus der ihm angebotenen Menge berücksichtigen. Als Voraussetzung dafür werden die überdeckten Zeitintervalle der bereits ausgewählten Konstituenten in der Datenstruktur ZEITFOLGE repräsentiert. Sie ist eine einfach verkettete Liste von ANFANGSZEIT/ENDZEIT-Paaren. Neue Kandidaten werden nur dann in die Instanz aufgenommen, wenn sie ohne große Überlappung in die ZEITFOLGE passen.

f) Das "Zyklen-Problem"

Da bereits bearbeitete Kasusrahmen (sowohl Konzepte als auch Teil-Instanzen) nicht aus der Agenda entfernt werden, muß explizit verhindert werden, daß mehrmals genau der gleiche matching-Prozeß mit dem gleichen Kasusrahmen und den gleichen Konstituenten durchgeführt wird. Dazu wird in der Agenda bei jedem Kasusrahmen vermerkt, mit welchen Konstituenten-Hypothesen bereits ein Vergleich gescheitert ist, und ebenso, welche bereits als Kasus-Kandidaten akzeptiert wurden. Die Nummern dieser Konstituenten können bei der Anfrage an die Hypothesenbank nach weiteren Kandidaten von vornherein ausgeschlossen werden.

Der Algorithmus der Hauptfunktion FRAME_KONSTIT_MATCH

1. Entnahme eines ganz leeren oder unvollständigen Kasusrahmens aus der KONZEPT- bzw. der TEIL_INSTANZ_AGENDA gemäß lokaler Strategie.
2. Wahl einer Menge von lokal und global gut bewerteten Konstituenten aus der Hypothesenbank. Randbedingungen:
 - Typ $\neq$ VG und Typ $\neq$ S,
 - keine zeitliche Überlappung mit der im ausgewählten frame vermerkten Zeitfolge,
 - keine Hypothesennummern, die bereits mit diesem frame vergeblich versucht

wurden oder bereits Leerstellen darin belegen.

3. Versuch, diese durch matching in den Kasusrahmen einzuhängen. (Der matching-Typ ist "CSI", also "Konzept auf Menge, unter Berücksichtigung bereits gefüllter Leerstellen in der frame-Instanz". Vgl. 3.6- "matching").

Kriterium für die Abbildung von Konstituenten auf Leerstellen im frame ist der spezifizierte Wertebereich im frame (Angabe des Konstituententyps in der DOM-facette). Dies wird durch den matching-Parameter DOM gesteuert.

Zusätzlich müssen die in der RESTRictions-facette angegebenen Tests zumindest nicht verletzt sein, und die zeitliche Überlappung im Sprachsignal muß ausgeschlossen werden (Parameter TIME).

4. Falls die unter 3. erzielte matching-Bewertung einen Mindestwert überschreitet (Strategieparameter), wird eine Ergebnis-Instanz erzeugt.
5. (Neu-)Berechnung der Priorität der ursprünglichen und evtl. der neuen erweiterten Kasusrahmen-Instanz.
6. Einreihung der ursprünglichen (evtl. der neuen) Kasusrahmen-Instanz in die entsprechende AGENDA.

4.4.3.5 Hauptfunktion INTERPRETATION_VERVOLLSTAENDIGEN

Der Algorithmus:

1. Entnahme einer Kasusrahmen-Instanz aus der GESAETTIGT_AGENDA.
2. Für jede Lücke in der ZEITFOLGE der Instanz, die länger ist als das WORTGRENZENKRITERIUM (Strategieparameter), wird eine lokal und global gut bewertete Konstituente aus der Hypothesenbank angefordert, mit den Randbedingungen:

- . Typ /= VG und Typ /= S,
- . zeitlicher Anschluß an mindestens eine Grenze der Lücke.

- 2.1 Falls es über die Lücke eine *GAP*-Hypothese gibt (ie. falls über diesem Bereich keine Worthypothesen existieren, sondern der Worthypothesen-Modul ent-

schieden hat, daß es sich um eine echte Lücke handelt), wird die ZEITFOLGE der Instanz über diesem Intervall geschlossen.

2.2 Falls dagegen eine passende Konstituente gefunden wurde, wird versucht, durch die Funktion ANGABEN_ANALYSE den Tiefenkasus der Konstituente zu ermitteln. War die Analyse erfolgreich, wird die Konstituente mit dem gefundenen Kasus als Attributnamen in die Instanz integriert und ihre Anfangs- und Endzeit in deren ZEITFOLGE eingetragen.

Andernfalls wird eine andere Konstituente angefordert und untersucht. Liefert die Hypothesenbank keine weiteren Alternativen, wird die nächste Lücke betrachtet (weiter mit 2.).

3.1 Konnten alle Lücken mit Konstituenten oder GAPs geschlossen werden, wird aus der Instanz eine Semantik-Hypothese generiert (DB_SEM_SEMA_SCHREIBEN).

3.2 Andernfalls wird die Priorität der Instanz neu berechnet und sie entsprechend wieder in die GESAETTIGT_AGENDA eingereiht.

4.4.3.6 Hauptfunktion TOP_DOWN_HYPOTHESEN

1. Wahl einer unvollständigen Kasusrahmen-Instanz I aus der TEIL_INSTANZ_AGENDA; Markierung von I, um mehrfaches Generieren derselben top-down-Hypothesen zu vermeiden.

2.1 Es werden nur diejenigen Leerstellen des zu I gehorigen Konzepts VF betrachtet, die in I noch keine Belegung besitzen. Für jede in I noch unbelegte Leerstelle L von VF mit "DOM = PNG" wird eine Worthypothese über die Praposition generiert, die in den Restriktionen zu L im frame gefordert wird, mit den Attributen:

- WORTART=PRAP
- KLASSE= klassenausdruck, wie in den Restriktionen zu L spezifiziert.
- semantische Bewertung der Hypothese = B1, falls die Leerstelle obligatorisch ist,
B2, falls fakultativ,
mit B1 GT B2.

2.2 Für jede Leerstelle L mit "DOM = konstituententyp" wird eine **Syntaxhypothese** über diesen Konstituententyp generiert, die durch Attribut-Wert-Paare entsprechend den Restriktionen über L näher spezifiziert ist. Sie erhält eine semantische Bewertung wie unter (2.1).

Falls der geforderte Konstituententyp Spezialisierungen in der Konstituentenhierarchie besitzt, können auch für diese Syntaxhypothesen generiert werden (zB. für ADVG auch die Spezialisierung PNG).

4.4.4 Der Monitor

Der Monitor ist die lokale Kontroll-Instanz des Moduls. Er hat in erster Linie die Aufgabe, die dem Modul von der globalen Strategie zugeteilten Ressourcen auf die Hauptfunktionen zu verteilen. Entsprechend den in speziellen Strategieparametern angegebenen Rechenzeit-Anteilen stößt er jeweils diejenige Hauptfunktion an, deren bereits verbrauchte Zeit noch am meisten von dem für sie reservierten Zeitkontingent abweicht.

Daneben muß er dafür sorgen, daß die lokale Strategie des Moduls der über die Strategieparameter ausgedruckten globalen Strategie des Strategie-Moduls angepaßt wird.

4.4.5 Schnittstellen

4.4.5.1 Die Schnittstelle zum Lexikon: der Präprozessor

Durch den Lexikon-Präprozessor wird das lexikalische semantische Wissen in mnemotechnische Abkürzungen codiert. Diese werden im Semantik-Modul ebenfalls benutzt und sind dort als globale Konstanten vereinbart. Die Schnittstelle wird festgelegt durch die Datei DLEXCOD, auf der der Lexikon-Präprozessor arbeitet.

4.4.5.2 Die Schnittstelle zum Syntax-Modul

a) Die Syntax der Syntaxhypothesen

Damit die syntaktischen Baumstrukturen auf wohldefinierte Weise in Instanzen der

Prototypen der verschiedenen Konstituententypen überführt werden können, müssen die Syntaxhypothesen genau der spezifizierten Syntax genügen. Der Inhalt einer Syntaxhypothese wird dabei generell als "Konstituente" bezeichnet.

```

konstituente      ::= ( konstituententyp
                        beschreibungselement* )

beschreibungselement ::= name wert paar |
                        ( NUKLEUS wortbeschreibung ) |
                        ( strukturelement* )

name wert paar     ::= ( attributname attributwert )

attributwert       ::= text |
                        ( attributwert* )

strukturelement   ::= konstituente |
                        ( wortbeschreibung )

wortbeschreibung   ::= ( wortklasse wort )
                        name wert paar*

wort               ::= "wortlaut wortnummer"."wortartnummer"

                        /also zB. "fahren245.01"/
  
```

Die nicht weiter spezifizierten terminalen Symbole sind dabei prinzipiell beliebige Texte, die Wortnummer wird der Normalform des Lexems im Lexikon zugeordnet. Die Wortartnummer kennzeichnet den Syntax-Eintrag zum betrachteten Lexem, der in die Hypothese einging. ("fahren245.01" verweist also auf den ersten Wortart-Eintrag zum Lexem "fahren", dessen Normalform die Wortnummer 245 hat.) Zur wortklasse vgl. (b).

Ein Beispiel für einen Syntaxbaum wurde in 4.4.3.2 zur Amalgamierung verwendet.

b) Die bekannten Konstituententypen und Wortklassen

Die funktionale Hierarchie der Konstituentenprototypen, die Liste der Wortklassen sowie die semantischen Klassen in ihrer Vertraglichkeitshierarchie stellen das faktische Wissen des Semantik-Moduls dar. Es ist in Form einer Konzept-Hierarchie

definiert, die entsprechend in drei Teilbaume unterteilt werden kann: die Spezialisierungen von KONSTITUENTE, von WORT und von CLASS. Während letztere bereits in 4.3.2 ("Selektionsklassen") vorgestellt wurden, sind die der Semantik bekannten Konstituenten und Wortklassen insbesondere im Kontext "Schnittstellen" von Bedeutung, da sie entscheidend dafür verantwortlich sind, welche syntaktischen Ergebnisse von der semantischen Analyse verwertet werden können.

Folgende Wortklassen können instantiiert und ausgewertet werden:

• ADJ	(attributives) Adjektiv	("schöner")
• ADJU	(unflektiertes) Adjektiv	("schön")
• ADV	Adverb	("gestern")
• AUXH	Hilfsverb "haben"	
• AUXS	Hilfsverb "sein"	
• AUXW	Hilfsverb "werden"	
• DET	Determinans	("der, ein, kein")
• MVERB	Modalverb	("wollen")
• NEG	Negation	("nicht")
• N	Nomen	("Schalter")
• NPR	Nomen proprium	("München")
• ORDZAHL	Ordinalzahl	("achter")
• PRAEP	Präposition	("nach")
• VERB	(Voll-)Verb	("wissen")
• WADV	Frageadverb	("wann")
• WDET	Fragedeterminans	("welcher")
• WPRON	Fragepronomen	("wer")
• ZAHLWORT	Kardinalzahl	("acht")

Sämtliche Wortklassen sind als Spezialisierungen des Konzepts WORT angelegt.

Beispiel:

Konzept: ADV

Gen: WORT

Als Konstituententypen sind definiert:

• ADJG	Adjektivgruppe	("sehr guter")
• ADJUG	unflektierte Adjektivgruppe	("sehr gut")
• ADVG	Adverbialgruppe	("darüber")

- NG Nominalgruppe ("mehr Plätze")
- PNG Präpositionalgruppe ("bis Dienstag")
- VG Verbalgruppe ("hat bezahlt")
- S Hauptsatz ("er fährt ab")

Die Prototypen sind in die Konzept-Hierarchie so eingeordnet, daß jeweils nur die für eine Konstituente charakteristischen Merkmale explizit definiert werden müssen, andere allgemeinere Attribute werden vererbt. Das übergeordnete Konzept für die Konstituenten-Prototypen sei hier beispielhaft angeführt:

Konzept: KONSTIT

Gen: SUPERCONCEPT

dattr: SYN_FEATURES

modal= opt

dom= #T

num= 0,

dattr: SEM_FEATURES

modal= opt

dom= #T

num= 0,

dattr: STRUKTURELEM

modal= opt

dom= KONSTIT

num= 0,

dattr: NUKLEUS

modal= obl

dom= WORT

num= 1,1

Die Konzepte für die Wortklassen, semantischen Klassen und Konstituenten-Proto-

typen sind in Form von GRASPE-Befehlen niedergelegt, deren Ausführung bei der Initialisierung des Moduls das semantische Netz aufbaut.

4.4.5.3 Die Schnittstelle zum Pragmatik-Modul

Der Pragmatik-Modul erhält als Ergebnis der semantischen Analyse die instantiierten Kasusrahmen, bzw. Konstituenten, falls sie in keinen Kasusrahmen eingebettet werden konnten. Alle semantische Information, die zur Weiterverarbeitung als relevant betrachtet wird, ist in den Prototypen der Konstituenten spezifiziert. Nach deren Muster werden die instantiierten und interpretierten Syntax-Strukturen zu Hypothesen codiert. Dabei werden teilweise zB. syntaktische Merkmale ausgefüllert, die nur zur semantischen Interpretation nötig, für die pragmatische Analyse aber nicht von Bedeutung sind (etwa der Oberflächenkasus).

Die Codierung von Kasusrahmen(netzen) als (textuell reprasentierte) Hypothesen ist die Aufgabe der Funktion SEMANTIK_HYPOTHESEN_GENERIERUNG.

4.4.5.4 Die Schnittstelle zum Strategie-Modul

Die Schnittstelle zum Strategie-Modul besteht in einer Reihe von Parametern, über welche die lokale Strategie von außen manipuliert und der globalen Strategie angepaßt werden kann:

* STRATEGIEPARAMETER_1:

Rechenzeitanteil in % für die Hauptfunktion KONSTITUENTEN_INTERPRETATION.

* STRATEGIEPARAMETER_2:

Rechenzeitanteil in % für die Hauptfunktion FRAME_KONSTIT_MATCH.

* STRATEGIEPARAMETER_3:

Rechenzeitanteil in % für die Hauptfunktion FRAME_SATZ_MATCH.

* STRATEGIEPARAMETER_4:

Rechenzeitanteil in % für die Hauptfunktion TOP_DOWN_HYPOTHESEN.

* STRATEGIEPARAMETER_5:

Rechenzeitanteil in % für die Hauptfunktion INTERPRETATION_VERVOLLSTAENDIGEN.

* STRATEGIEPARAMETER_6:

Schwellwert für semantische Vertraglichkeit von Konstituenten (in Promille). Schlechter bewertete Konstituenten werden nicht weiter bearbeitet.

* STRATEGIEPARAMETER_7:

Schwellwert für die matching-Bewertung (in Promille). Aus schlechter bewerteten Alternativen wird keine Ergebnis-Instanz erzeugt.

* STRATEGIEPARAMETER_8:

Schwellwert für die globale Bewertung von Syntaxhypothesen, die interpretiert werden sollen (in Promille).

* STRATEGIEPARAMETER_9:

Schwellwert für die semantische Bewertung von Konstituenten, die beim matching berücksichtigt werden sollen (in Promille).

* STRATEGIEPARAMETER_10:

Schwellwert für die lokale Bewertung von Kasusrahmen-Teilinstanzen, die weiter bearbeitet werden sollen (in Promille).

* STRATEGIEPARAMETER_11:

Gewichtung syntaktischer Restriktionen beim matching. Ist der Parameter gleich 1, werden syntaktische Restriktionen als matching-Kriterium herangezogen. Falls sich herausstellen sollte, daß gerade die morphosyntaktischen Merkmale (vor allem Kasus-Endungen) sehr schlecht erkannt werden und als Kriterium untauglich sind, kann durch Setzen des Parameters auf 0 versucht werden, nur auf der Basis semantischer Selektionen noch zu einem matching-Ergebnis zu kommen.

* STRATEGIEPARAMETER_12:

Wortgrenzenkriterium (maximale Überlappung/Lücke in Segmenten).

* STRATEGIEPARAMETER_13:

Linke Grenze (Segmentnummer) des Sprachsignalbereichs, auf den die Analyse aktuell fokussiert werden soll.

* STRATEGIEPARAMETER_14:

Rechte Grenze (Segmentnummer) des Sprachsignalbereichs, auf den die Analyse

aktuell fokussiert werden soll.

* STRATEGIEPARAMETER_15:

Anzahl der Konstituenten, die für den nächsten matching-Prozeß als Kandidaten ausgewählt werden sollen.

* STRATEGIEPARAMETER_16:

Faktor für die Prioritätsberechnung der AGENDA-Elemente. Wird er im Verhältnis zu den Parametern 17 und 18 hoch eingestellt, so wird in erster Linie Wert darauf gelegt, vollständige Kasusrahmen-Instanzen zu finden. Die Anzahl der noch unbelegten obligatorischen Leerstellen geht dann hoch gewichtet in die Priorität ein, drückt also die Priorität stark.

* STRATEGIEPARAMETER_17:

Faktor für die Prioritätsberechnung der AGENDA-Elemente. Dieser Parameter steuert, welchen Einfluß die Zeit-Vollständigkeit einer Instanz auf deren Priorität hat. Bei hohem Wert werden Lücken in der Instanz hoch gewichtet.

* STRATEGIEPARAMETER_18:

Faktor für die Prioritätsberechnung der AGENDA-Elemente. Der Parameter steuert das Gewicht, das der matching-Bewertung für die Priorität eingeräumt wird.

Die Strategieparameter 16, 17 und 18 dürfen nicht gleichzeitig auf 0 gesetzt werden, da sonst keine Priorität berechnet werden kann.

4.4.5.5 Die Schnittstelle zur Hypothesenbank

Die Schnittstelle zur Hypothesenbank besteht in den Zugriffsfunktionen zu den verschiedenen Abstraktionsebenen. Folgende Zugriffe werden benötigt:

a) Zugriffe auf die Wort-Ebene:

* DB_SEM_WORT_SCHREIBEN

b) Zugriffe auf die syntaktische Ebene:

* DB_SEM_KONSTIT_LESEN

* DB_SEM_VG_LESEN

- * DB_SEM_SATZ_LESEN

- * DB_SEM_SYNT_SCHREIBEN

- * DB_SEM_BEWERT_SCHREIBEN

c) Zugriffe auf die semantische Ebene:

- * DB_SEM_SEMA_SCHREIBEN

4.5 Die Testumgebung

Das Testsystem ISYS7B, eine Erweiterung des Testrahmens aus (Gerlach 1982), hat die Aufgabe, die einzelnen Funktionen von CSEMNET, CSEMFNC und CMATCHER im Dialog zugänglich zu machen. Dafür wurde ein Kommandointerpreter geschaffen, der Eingaben sowohl von einem Terminal als auch von einer Datei verarbeiten kann. Der Ablauf des Interpreters spiegelt das Verhalten eines endlichen Automaten wider.

Die Parameter der Kommandos müssen durch Kommata getrennt werden, dabei sind Fortsetzungszeilen möglich. Nicht angegebene Parameter können mit einem Defaultwert besetzt werden, eine Überprüfung auf die Mindestanzahl notwendiger Parameter eines Kommandos findet statt. Diese Mechanismen sind modular verwirklicht worden und sowohl leicht in neue Befehle integrierbar als auch an neue Anforderungen anpaßbar. Der anwendungsabhängige Teil der Befehlsentschlüsselung findet in einem textuell gesteuerten Dekoder statt, der mit geringem Aufwand um neue Schlüsselwörter erweitert werden kann.

Die meisten Interpreterbefehle aktivieren direkt Prozeduren in den oben aufgeführten Modulen, wobei vorher größtenteils Plausibilitätsprüfungen der Parameter stattfinden. Darüberhinaus können Teile von semantischen Netzen auf Dateien ausgegeben oder wieder eingelesen werden. Samtliche Benutzer-Eingaben und System-Ausgaben, sowie der Rechenzeit-Verbrauch für jedes einzelne Dialog-Kommando können protokolliert werden.

Die verschiedenen Aufgabenbereiche des Testsystems sind:

- * Netzwerke manipulieren
- * Matching
- * Semantik-Funktionen

- * Lexikon-Zugriffe
- * Teilnetze retten und wiederaufbauen
- * Objekte auflisten
(Konzepte, Instanzen, Attribute, Agendae, Knoten-Information)
- * System-Parameter setzen
(Matching-Parameter, Strategie-Parameter, Protokollierung ein/aus, Lexikon ein/aus).

Das gesamte Testsystem belegt als statisches Programm in etwa 65K CYBER-Worte. Da einem Benutzer an der CYBER173 normalerweise insgesamt nur 80K Speicher zur Verfügung stehen (virtuelle Adressierung ist nicht möglich), kommt es beim Testen sehr schnell zum Überlauf des Stacks für dynamische Objekte, zumal da zur Initialisierung des Semantik-Systems eine Reihe von Konzepten aus der Wissensbasis zuge-laden werden müssen (zB. die semantischen Klassen und die Konstituenten-Prototy-pen).

4.6 Beispiele für die Hauptfunktionen

4.6.1 Beispiele zur KONSTITUENTEN-INTERPRETATION (4.4.3.2)

4.6.1.1 AMALGAM

Als Beispiel für die Amalgamierung sei die Behandlung der Präpositionalgruppe

"mit dem viel späteren Zug"

dargestellt.

- a) Die Syntaxhypothese (genauer das Attribut INHALT der Hypothese in der relationalen Datenbank) enthält als Ergebnis der grammatikalischen Analyse die Phrasenstruktur der Gruppe in Form des folgenden Syntaxbaums:

```
(PNG (NUKLEUS (PRAEP MIT418.01))
  (
    (NG(NUKLEUS (N ZUG122.01))
      ((ADJG (NUKLEUS (ADJ SPAETER305.01))
        (((ADJ SPAETER305.01))((ADV VIEL324.01))))
      ((N ZUG122.01))
```

```

      ((DET DER340.01))
    ))
    ((PRAEP MIT418.01))
  ))

```

- b) Diese Baumstruktur wird in die folgende PNG-Instanz überführt. Zur Darstellung: Die Instanz wird knotenweise wiedergegeben, zunächst wird der Instanz-Knoten selbst, dann die Attribut-Knoten mit ihren herausführenden Kanten und deren Zielknoten aufgelistet:

```

PNG1
  CONC=PNG
  DINST=PNG1/NUKLEUS1
  DINST=PNG1/STRUKTURELEM1
  GLOBALE BEWERTUNG= 0.000
  LOKALE BEWERTUNG= 0.000
PNG1/NUKLEUS1
  INSTS=KONSTIT/NUKLEUS1
  VAL=PRAEP1
PNG1/STRUKTURELEM1
  INSTS=KONSTIT/STRUKTURELEM1
  VAL=NG1

```

- c) Der Aufruf der Funktion AMALGAM auf diese Instanz bewirkt zweierlei:
- die vertraglichen Bedeutungs-Alternativen der Lexeme mit semantischen Merkmalen werden mit *PREFER-Kanten verbunden und bewertet,
 - der ganzen Gruppe werden als Attribute BEDEUTUNG und RELATION die best-vertraglichen Bedeutungs-Alternativen des Substantivs und der Proposition sowie eine lokale Bewertung zugewiesen:

Dabei bewirkt die eingebettete Adjektivgruppe, daß AMALGAM rekursiv aufgerufen wird. Bei der Vertraglichkeitsprüfung der Attribute der NG mit den einzelnen Substantiv-Bedeutungen wird festgestellt, daß das STRUKTURELEM1 kein einzelnes Wort sondern eine Gruppe (ADJG) ist, und diese zuerst für sich ausgewertet.

```

PNG1

```

```

  DINST=PNG1/NUKLEUS1

```

```

/* Beschreibung der Attribute */

```

```

DINST=PNG1/STRUKTURELEM1
DINST=PNG1/PRAEPOS1
DINST=PNG1/BEDEUTUNG1
DINST=PNG1/RELATION1
LOKALE BEWERTUNG= 1.000
PNG1/NUKLEUS1
  VAL=PRAEP1                                /* Beschreibung von MIT */
    DINST=PRAEP1/LEXEM1
    DINST=PRAEP1/BEDEUTUNG1
    DINST=PRAEP1/BEDEUTUNG2
    DINST=PRAEP1/BEDEUTUNG3
    DINST=PRAEP1/BEDEUTUNG4
  PRAEP1/LEXEM1
    VAL=MIT418.01
  PRAEP1/BEDEUTUNG1
    VAL=INS_
  PRAEP1/BEDEUTUNG2
    VAL=MAN_
  PRAEP1/BEDEUTUNG3
    VAL=UNT_
  PRAEP1/BEDEUTUNG4
    VAL=COM_
PNG1/STRUKTURELEM1
  VAL=NG1                                    /* Beschreibung der NG */
    DINST=NG1/NUKLEUS1
    DINST=NG1/STRUKTURELEM1
    DINST=NG1/STRUKTURELEM2
    LOKALE BEWERTUNG= 1.000
  NG1/NUKLEUS1
    VAL=N1                                  /* Beschreibung von ZUG */
      DINST=N1/LEXEM1
      DINST=N1/BEDEUTUNG1
    N1/LEXEM1
      VAL=ZUG122.01
    N1/BEDEUTUNG1
      *PREFER_P=PRAEP1/BEDEUTUNG1
      /* ZUG ist nur mit MIT_1 verträgl.*/
      *PREFER=ADJG1/BEDEUTUNG1
      /* ... und mit SPAET_1 (MOM_) */

```

```

        VAL=TRA_,LOC_
NG1/STRUKTURELEM1
    VAL=ADJG1                                /* Beschreibung der ADJG */
        DINST=ADJG1/NUKLEUS1
        DINST=ADJG1/STRUKTURELEM1
        DINST=ADJG1/BEDEUTUNG1
        LOKALE BEWERTUNG= 1.000
    ADJG1/NUKLEUS1                            /* Beschreibung von SPAET */
        VAL=ADJ1 (...)                        (gekürzt)
    ADJG1/STRUKTURELEM1                       /* Beschreibung von VIEL */
        VAL=ADV1 (...)                        (gekürzt)
    ADJG1/BEDEUTUNG1                          /* erzeugtes Merkmal */
        *PRE=ADJ1/BEDEUTUNG1
        VAL=MOM_
NG1/STRUKTURELEM2
    VAL=DET1                                /* Beschreibung von DER */
        DINST=DET1/LEXEM1
        DINST=DET1/BEDEUTUNG1
    DET1/LEXEM1
        VAL=DER340.01
    DET1/BEDEUTUNG1
        VAL=NIL

/* erzeugte Merkmale der PNG: */
PNG1/PRAEPOS1
    VAL=MIT
PNG1/BEDEUTUNG1
    *PRE=N1/BEDEUTUNG1                      /* ZUG_1 wird übernommen */
    BEDEUTUNGS-BEWERTUNG= 1.000
    VAL=TRA_,LOC_
PNG1/RELATION1
    VAL=INS_                                /* die damit vertr. BEDEUTUNG_1 */
                                           /* wird übernommen */

```

Die Verzeigerung mit *PREFER-Kanten veranschaulicht auch Abb.4-8.

4.6.1.2 VERBFRAME-GENERIERUNG

Falls KONSTITUENTEN_INTERPRETATION als Konstituente eine Verbalgruppe aus der Hypothesenbank erhält, wird für den Nukleus die VERBFRAME_GENERIERUNG aufgerufen. Für das Verb "FINDEN246.01" (Wortnummer 246, Wortartnummer 1) liefert die VERBFRAME_GENERIERUNG vier Kasusrahmen für die vier verschiedenen Bedeutungen im Lexikon. Zwei davon seien als Beispiel aufgelistet. Sie stellen die Bedeutung_1 (jmd. findet etwas) und Bedeutung_4 (jmd. findet etwas irgendwie) dar:

```
FINDEN1_1_
  GEN=VERBFRAME
  DATTR=FINDEN1_1_/NUKLEUS1
  DATTR=FINDEN1_1_/OBL_1
  DATTR=FINDEN1_1_/OBL_2
FINDEN1_1_/NUKLEUS1
  NAME=NUKLEUS
  RESTR=VVERB=FINDEN246.01
  MODAL=OBL
  DOM=VG
FINDEN1_1_/OBL_1
  NAME=AGENT
  MODAL=OBL
  RESTR=BEDEUTUNG IS HUM_,BES_&KAS=NOM
  NUM=1,1
  DOM=NG
FINDEN1_1_/OBL_2
  NAME=OBJECT
  MODAL=OBL
  RESTR=BEDEUTUNG IS NIL&KAS=AKK
  NUM=1,1
  DOM=NG
```

```
FINDEN1_4_
  GEN=VERBFRAME
  DATTR=FINDEN1_4_/NUKLEUS1
  DATTR=FINDEN1_4_/OBL_1
  DATTR=FINDEN1_4_/OBL_2
  DATTR=FINDEN1_4_/OBL_3
FINDEN1_4_/NUKLEUS1
```

```

NAME=NUKLEUS
RESTR=VVERB=FINDEN246.01
MODAL=OBL
DOM=VG
FINDEN1_4_/OBL_1
  NAME=AGENT
  MODAL=OBL
  RESTR=BEDEUTUNG IS HUM_&KAS=NOM
  NUM=1,1
  DOM=NG
FINDEN1_4_/OBL_2
  NAME=OBJECT
  MODAL=OBL
  RESTR=BEDEUTUNG IS NIL&KAS=AKK
  NUM=1,1
  DOM=NG
FINDEN1_4_/OBL_3
  NAME=MANNER
  MODAL=OBL
  RESTR=BEDEUTUNG IS NIL&KOREF=OBL_2
  NUM=1,1
  DOM=ADJUG

```

Die Konzepte FINDEN1_1_, FINDEN1_2_, FINDEN1_3_ und FINDEN1_4_ werden in die KONZEPT_AGENDA eingereiht. Als Priorität erhalten sie dazu die globale Bewertung der zugrundeliegenden Verbalgruppe.

4.6.2 Beispiel zum FRAME-SATZ-MATCHING (4.4.3.3)

- a) Eine Datenbank-Anfrage nach einer Syntaxhypothese vom Typ "S" (Satz) liefert beispielsweise als Ergebnis der syntaktischen Analyse für den Satz

"ich fahre mit der Bahn nach Hamburg"

den Syntaxbaum:

```

(S (STRING (ICH FAHRE MIT DER BAHN NACH HAMBURG))
  (TYP AUSSAGE)
  (NUKLEUS (VERB FAHREN245.01)))

```

```
((NG (STRING ICH)
  (KASUS NOM)
  (GENUS (MAS FEM NEU))
  (NUMERUS SING)
  (NUKLEUS (PRON ICH331.01))
  (((PRON ICH331.01)))
)
(PNG (STRING (MIT DER BAHN))
  (KASUS DAT)
  (GENUS FEM)
  (NUMERUS SING)
  (NUKLEUS (PRAEP MIT418.01))
  (((PRAEP MIT418.01))
  (NG (STRING (DER BAHN))
    (KASUS DAT)
    (GENUS FEM)
    (NUMERUS SING)
    (NUKLEUS (N BAHN47.01))
    (((DET DIE1105.01))
      ((N BAHN47.01)))
  ))
)
(PNG (STRING (NACH HAMBURG))
  (KASUS DAT)
  (GENUS NEU)
  (NUMERUS SING)
  (NUKLEUS (PRAEP NACH431.01))
  (((PRAEP NACH431.01))
  (NG (STRING HAMBURG)
    (KASUS (NOM DAT AKK))
    (GENUS NEU)
    (NUMERUS SING)
    (NUKLEUS (NPR HAMBURG178.01))
    (((NPR HAMBURG178.01)))
  ))
)
(VG (STRING FAHRE)
  (PERSON 1)
  (MODUS IND)
```

```

      (TEMPUS PRAESENS)
      (VVERB FAHREN245.01)
    )
  ))

```

Diese Baumstruktur wird von der KONSTITUENTEN_INTERPRETATION (s.o.) in eine Satz-Instanz überführt und ihre einzelnen Konstituenten durch AMALGAM semantisch ausgewertet. Die semantischen Merkmale, die dabei den Konstituenten NG1 ("ich"), PNG1 ("mit der Bahn") und PNG2 ("nach Hamburg") zugewiesen werden, sind in Abb.4-9 aufgelistet. Die Sprachsegmente, über denen die Konstituenten aufgetragen sind, entsprechen prinzipiell Lauten und sind nur symbolisch als gleich lange Abschnitte auf der Achse dargestellt.

- b) Als zweite Bedeutung des Verbs "FAHREN" sei von der VERBFRAME_GENERIERUNG das Konzept FAHREN1_2_ erzeugt und in der KONZEPT_AGENDA abgelegt worden:

```

FAHREN1_2_
  GEN=VERBFRAME
  DATTR=FAHREN1_2_/NUKLEUS1
  DATTR=FAHREN1_2_/OBL_1
  DATTR=FAHREN1_2_/FAK_1
  DATTR=FAHREN1_2_/FAK_2
  DATTR=FAHREN1_2_/FAK_3
FAHREN1_2_/NUKLEUS1
  NAME=NUKLEUS
  MODAL=OBL
  RESTR=VVERB=FAHREN245.01
  NUM=1,1
  DOM=VG
FAHREN1_2_/OBL_1
  NAME=AGENT
  MODAL=OBL
  RESTR=BEDEUTUNG IS HUM_ & KAS=NOM
  NUM=1,1
  DOM=NG
FAHREN1_1_/FAK_1
  NAME=GOAL
  RESTR=BEDEUTUNG IS LOC_ & PRAEPOS=IN,NACH,ZU & REL = DIR_
  MODAL=OPT

```

```

NUM=1,1
DOM=ADVG
FAHREN1_2_/FAK_2
NAME=INSTRUMENT
MODAL=OPT
RESTR=BEDEUTUNG IS TRA_ & PRAEPOS=MIT,IN & KAS=DAT
NUM=1,1
DOM=PNG
FAHREN1_2_/FAK_3
NAME=SOURCE
MODAL=OPT
RESTR=BEDEUTUNG IS LOC_ & PRAEPOS=VON,AB & REL IS ORI_
NUM=1,1
DOM=ADVG

```

- c) Ein MATCHINGPROCESS vom Typ "CI", also ein matching des Konzepts FAHREN1_2_ mit der Satz-Instanz, mit dem matching-Parameter "DOM" liefert die Instanz FAHREN1_2_1 als einzige Alternative:

```

FAHREN1_2_1
CONC=FAHREN1_2_
*PRE=S1
DINST=FAHREN1_2_1/AGENT1
DINST=FAHREN1_2_1/NUKLEUS1
DINST=FAHREN1_2_1/INSTRUMENT1
DINST=FAHREN1_2_1/GOAL1
DINST=FAHREN1_2_1/SOURCE1
*UNVALUED=FAHREN1_2_1/SOURCE1
GLOBALE BEWERTUNG= 0.000
LOKALE BEWERTUNG= .540
FAHREN1_2_1/AGENT1
INSTS=FAHREN1_2_/AGENT1
VAL=NG1
FAHREN1_2_1/NUKLEUS1
INSTS=FAHREN1_2_/NUKLEUS1
VAL=VG1
FAHREN1_2_1/INSTRUMENT1
INSTS=FAHREN1_2_/INSTRUMENT1
VAL=PNG1

```

```

FAHREN1_2_1/GOAL1
  INSTS=FAHREN1_2_/GOAL1
  VAL=PNG2
FAHREN1_2_1/SOURCE1
  INSTS=FAHREN1_2_/SOURCE1

```

Die gefundene Zuordnung von Konstituenten des Satzes zu Leerstellen im Kasusrahmen FINDEN1_2_ veranschaulicht auch Abb.4-9. Die obligatorischen Kasus sind unterstrichen dargestellt. Die semantischen Merkmale der Konstituenten, wie sie von der AMALGAMIERUNG erzeugt wurden, sind unten im Bild angegeben. Ihre Vertraglichkeit mit den Restriktionen (RESTRictions-Facetten) zu den Kasus in FAHREN1_2_ ist neben der Übereinstimmung des Typs mit der DOMain-Angabe Voraussetzung für die Zuordnung.

4.6.3 Beispiel zum FRAME-KONSTITUENTEN-MATCHING (4.4.3.4)

- a) Aus der Hypothesenbank werden eine Reihe gut bewerteter Syntaxhypothesen (Konstituenten) gelesen. Ihre zeitliche Abfolge und ihre semantischen Merkmale zeigt Abb.4-10.
- b) Die KONZEPT_AGENDA enthält die Kasusrahmen, die aus Verbalgruppen durch VERB-FRAME-GENERIERUNG hervorgegangen sind. Als Priorität der Kasusrahmen wird die globale Bewertung der zugrundeliegenden Verbalgruppe angenommen. Beispielsweise zu "KOMMEN260.01" werden sieben alternative Kasusrahmen generiert. Davon sei KOMMEN1_1_ betrachtet:

```

KOMMEN1_1_
  GEN=VERBFRAME
  DATTR=KOMMEN1_1_/NUKLEUS1
  DATTR=KOMMEN1_1_/OBL_1
  DATTR=KOMMEN1_1_/FAK_1
  DATTR=KOMMEN1_1_/FAK_2
  DATTR=KOMMEN1_1_/FAK_3
KOMMEN1_1_/NUKLEUS1
  NAME=NUKLEUS
  RESTR=VVERB=KOMMEN260.01
  MODAL=OBL
  DOM=VG

```

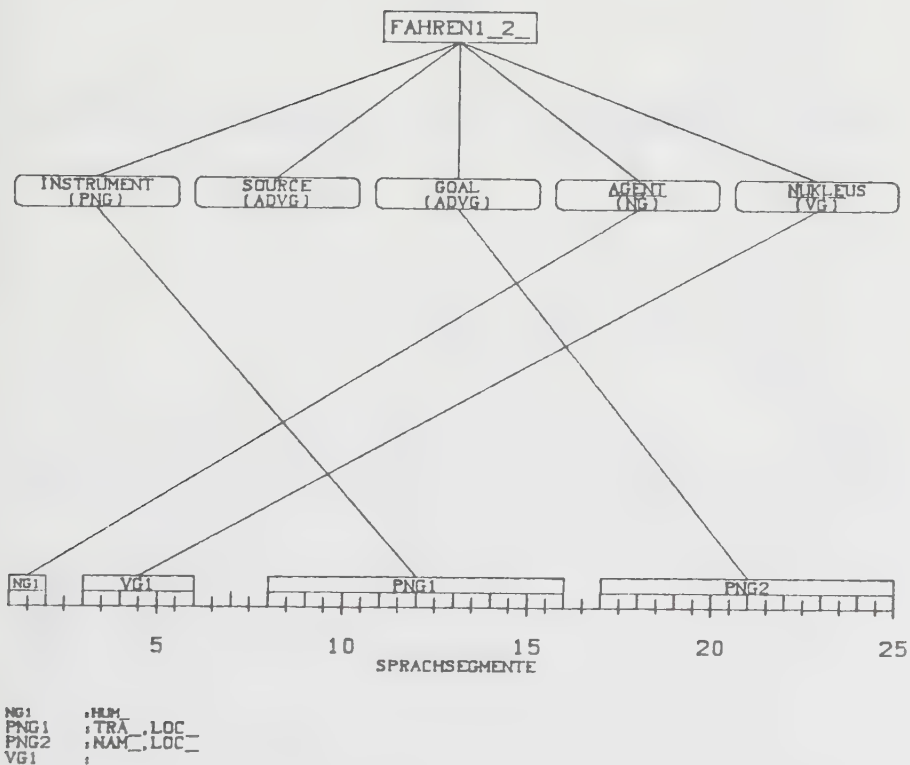


Abb. 4-9: Ergebnis des FRAME-SATZ-matching

KOMMEN1_1_/OBL_1

NAME=EXPERIENCER

MODAL=OBL

RESTR=BEDEUTUNG IS HUM_,BES_&KAS=NOM

NUM=1,1

DOM=NG

KOMMEN1_1_/FAK_1

NAME=GOAL

MODAL=OPT

RESTR=BEDEUTUNG IS LOC_,LOD_&PRAEPOS=IN,ZU,NACH&REL IS DIR_

NUM=0,1

DOM=ADVG

KOMMEN1_1_/FAK_2

NAME=SOURCE

MODAL=OPT

RESTR=BEDEUTUNG IS LOC_,LOD_&PRAEPOS=AUS,VON&REL IS ORI_

NUM=0,1

DOM=ADVG

KOMMEN1_1_/FAK_3

NAME=NIL

MODAL=OPT

RESTR=BEDEUTUNG IS ACT_&KOREF=OBL_1

NUM=0,1

DOM=INF

- c) Das matching des Konzepts KOMMEN1_1_ mit den ausgewählten Konstituenten (Typ "CS") muß mit den Matching-Parametern "DOM" und "TIME" erfolgen. "DOM" gewährleistet, daß nur Konstituenten des verlangten syntaktischen Typs für einen Kasus in Betracht gezogen werden. "TIME" verhindert, daß sich überlappende Konstituenten (bis auf einen zu tolerierenden Grenzbereich, den der STRATEGIEPARAMETER_12 angibt) in eine matching-Alternative aufgenommen werden. Solche zeitlich konkurrierenden Hypothesen dürfen nicht in ein und derselben Interpretation des Satzes berücksichtigt werden.

Der matching-Prozeß liefert vier Alternativen, die in Abb.4-10 durch unterschiedliche Linientypen in den Verbindungen zwischen Kasus und zugeordneten Konstituenten zum Ausdruck gebracht sind. Die erzeugten Instanzen von KOMMEN1_1_ haben folgende Kasusbelegungen:

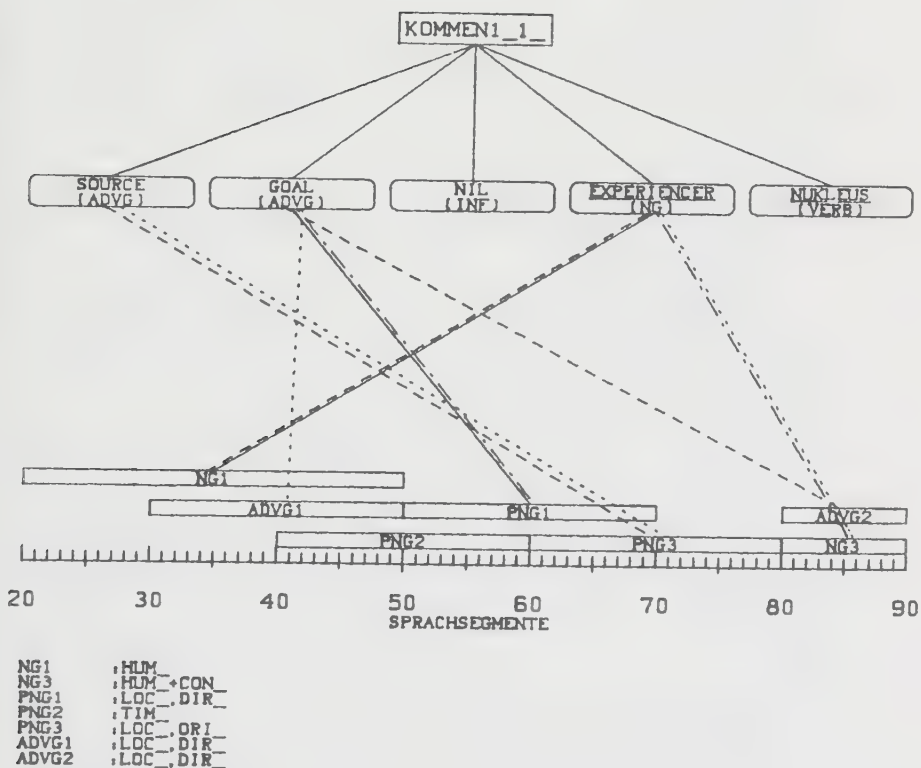


Abb. 4-10: Ergebnis des FRAME-KONSTITUENTEN-matching

```
KOMMEN1_1_1
  CONC=KOMMEN1_1_
  DINST=KOMMEN1_1_1/EXPERIENCER1
  DINST=KOMMEN1_1_1/GOAL1
  GLOBALE BEWERTUNG= 0.000
  LOKALE BEWERTUNG= .214
```

```
KOMMEN1_1_1/EXPERIENCER1
  INSTS=KOMMEN1_1_/OBL_1
  VAL=NG1
```

```
KOMMEN1_1_1/GOAL1
  INSTS=KOMMEN1_1_/FAK_1
  VAL=PNG1
```

```
KOMMEN1_1_2
  CONC=KOMMEN1_1_
  DINST=KOMMEN1_1_2/EXPERIENCER1
  DINST=KOMMEN1_1_2/GOAL1
  DINST=KOMMEN1_1_2/SOURCE1
  GLOBALE BEWERTUNG= 0.000
  LOKALE BEWERTUNG= .286
```

```
KOMMEN1_1_2/EXPERIENCER1
  INSTS=KOMMEN1_1_/OBL_1
  VAL=NG1
```

```
KOMMEN1_1_2/GOAL1
  INSTS=KOMMEN1_1_/FAK_1
  VAL=ADVG2
```

```
KOMMEN1_1_2/SOURCE1
  INSTS=KOMMEN1_1_/FAK_2
  VAL=PNG3
```

```
KOMMEN1_1_3
  CONC=KOMMEN1_1_
  DINST=KOMMEN1_1_3/EXPERIENCER1
  DINST=KOMMEN1_1_3/GOAL1
  GLOBALE BEWERTUNG= 0.000
  LOKALE BEWERTUNG= .214
```

```
KOMMEN1_1_3/EXPERIENCER1
  INSTS=KOMMEN1_1_/OBL_1
  VAL=NG3
```

```

KOMMEN1_1_3/GOAL1
  INSTS=KOMMEN1_1_/FAK_1
  VAL=PNG1
*****
KOMMEN1_1_4
  CONC=KOMMEN1_1_
  DINST=KOMMEN1_1_4/EXPERIENCER1
  DINST=KOMMEN1_1_4/GOAL1
  DINST=KOMMEN1_1_4/SOURCE1
  GLOBALE BEWERTUNG= 0.000
  LOKALE BEWERTUNG= .286
KOMMEN1_1_4/EXPERIENCER1
  INSTS=KOMMEN1_1_/OBL_1
  VAL=NG3
KOMMEN1_1_4/GOAL1
  INSTS=KOMMEN1_1_/FAK_1
  VAL=ADVG1
KOMMEN1_1_4/SOURCE1
  INSTS=KOMMEN1_1_/FAK_2
  VAL=PNG3
*****

```

4.6.4 Beispiele für TOP-DOWN-HYPOTHESEN (4.4.3.6)

Top-down-Hypothesen können aus Kasusrahmen-Konzepten oder -Teilinstanzen über unbelegte Kasuspositionen generiert werden. Aus dem Kasusrahmen FAHREN1_2_ (s.o.) lassen sich folgende top-down-Hypothesen erzeugen:

Aus dem (obligatorischen) AGENT-Kasus:

```

*****
SYNTAXHYPOTHESE: NG
  BEWERTUNG: .583
  RESTRIKTION: BEDEUTUNG IS HUM_&KAS=NOM
  AUSGESCHLOSSENE ZEITEN: 80- 90,
*****

```

Aus dem INSTRUMENT-Kasus:

WORTHYPOTHESE:

RESTRIKTION: BEDEUTUNG IS TRA_&PRAEPOS=MIT,IN&KAS=DAT

BEWERTUNG: .350

AUSGESCHLOSSENE ZEITEN: 80- 90,

SYNTAXHYPOTHESE: PNG

BEWERTUNG: .350

RESTRIKTION: BEDEUTUNG IS TRA_&PRAEPOS=MIT,IN&KAS=DAT

AUSGESCHLOSSENE ZEITEN: 80- 90,

Aus dem GOAL-Kasus (SOURCE analog):

SYNTAXHYPOTHESE: ADVG

BEWERTUNG: .350

RESTRIKTION: BEDEUTUNG IS LOC_&PRAEPOS=NACH,ZU&REL IS DIR_

AUSGESCHLOSSENE ZEITEN: 80- 90,

SYNTAXHYPOTHESE: PNG /* auch Spezialisierungen von ADVG

BEWERTUNG: .350 können hypothetisiert werden */

RESTRIKTION: BEDEUTUNG IS LOC_&PRAEPOS=NACH,ZU&REL IS DIR_

AUSGESCHLOSSENE ZEITEN: 80- 90,

Der Ausschluß der Zeit "80-90" resultiert dabei aus der Annahme, daß das zugrundeliegende Verb diese Zeit selbst belegt. Diese Information zum Verbframe wird in der AGENDA festgehalten.

5 Ein Pragmatik-Modul

5.1 Der Gegenstand des Pragmatik-Moduls: thematische und situative Faktoren des Verstehens

Sprechen wird im Rahmen der Sprechakttheorie als eine Form des kommunikativen Handelns betrachtet. Dies bedeutet insbesondere, daß der Formulierung einer Äußerung stets eine bestimmte Intention zugrundeliegt. Entsprechend läßt sich "Verstehen" definieren als Rekonstruktion der Sprecher-Absicht, die hinter einer Äußerung steht. Die Erkennung der thematisch orientierten Ziele des Benutzers, wie etwa Sachfragen oder Aussagen zum Gegenstandsbereich, wurde in Kapitel 2 als Aufgabe des Pragmatik-Moduls bestimmt.

Das zugrundeliegende Wissen besteht neben einer Repräsentation situativer Faktoren wie Ort und Zeit des Dialogs in einem Modell des Diskursbereichs "Intercity-System", das das Hintergrundwissen des Auskunftssystems über den Gesprächsgegenstand darstellt.

Zu diesem Wissen und den daraus ableitbaren Erwartungen muß die (textuell interpretierte) Äußerung in Bezug gesetzt werden, um ihre Relevanz für den erfolgreichen Ablauf des Dialogs aufzudecken. Erst die Synthese des Gehörten mit den eigenen Erwartungen ermöglicht es dem Hörer, bzw. dem System, die intendierten Anschlußhandlungen zu vollziehen, dh. die in Kapitel 2 angesprochenen "Konsequenz-Anweisungen" zu befolgen, die ein dialogischer Text enthält.

Umgekehrt kann häufig erst durch die Rückkopplung mit dem thematischen Kontext und situativen Faktoren erschlossen werden, was gesprochen wurde. Die Möglichkeit, materielle Defizite der Zeichenübertragung (Störungen bei der Übertragung oder beim Empfang) durch andere Faktoren auszugleichen, bezeichnet K.Bühler als "apperzeptive Ergänzung".

Anschlußhandlungen können einerseits kognitiver Art sein, also sich etwa auf Modifikationen des eigenen Weltmodells oder Korrekturen der eigenen Erwartungen erstrecken. Andererseits wird letztlich in einem Auskunftssystem die erwünschte praktische Reaktion auch im Ermitteln und Formulieren einer Auskunft bestehen.

Kommunikative Intentionen, die nicht thematisch orientiert sind, sondern Stellungnahmen des Sprechers zu vorangegangenen Dialogschritten darstellen und somit primär der Steuerung des Gesprächs dienen, werden nicht im Rahmen des Pragmatik-

Moduls behandelt, sondern in einem gesonderten Dialog-Modul, der allgemeine anwendungsunabhängige Aspekte der Dialogführung zum Gegenstand hat.

Bis auf diese Dialog-orientierten Faktoren deckt das so definierte prozessuale und faktische Wissen des Moduls die wesentlichen pragmatischen Elemente einer Sprechsituation, wie sie D.Wunderlich (1970) zusammenstellt, ab, soweit sie für den speziellen Gesprächstyp "Auskunft" relevant sind:

- * Die Person des **Sprechers**, des **Angesprochenen**, die Zeit der Äußerung und der **Ort** des Sprechers werden als "situativer Kontext" in der Wissensbasis repräsentiert.
- * Der vom Sprecher intendierte **kognitive Inhalt** der Äußerung, wie er im Rahmen einer pragmatik-unabhängigen semantischen Darstellung beschreibbar ist, wird von der Semantik-Komponente geliefert und stellt die Eingabe an den Modul dar.
- * Die **Intention** des Sprechers wurde als das Ziel der Analyse auf dieser Stufe definiert.
- * Als **allgemeine Voraussetzungen** für die Kommunikation, die während des gesamten Kommunikationsverlaufs einigermaßen konstant bleiben, werden gemeinsames Wissen und bestimmte kognitive und kommunikative Fähigkeiten genannt:
 - die "enzyklopädische Weltkenntnis", thematisches Wissen, sowie Fakten-Wissen über den Angesprochenen (wie etwa Alter, Name,...) werden in der Wissensbasis modelliert;
 - die kognitiven Fähigkeiten der Kombination, Assoziation, Abstraktion, Generalisierung und strukturellen Gliederung werden durch den Formalismus der Wissensrepräsentation unterstützt und durch die darauf definierten Inferenzprozesse realisiert.
- * **Spezielle Voraussetzungen**, die sich im Verlauf der Kommunikation ändern können, sind im Dialog-Modul repräsentiert. Sie seien dennoch in diesem Zusammenhang erwähnt:
 - Das Partner-Modell enthält die Annahmen über den Benutzer, etwa über sein Wissen, seine Fähigkeiten, seine Motivation.

- Entsprechend bestimmt ein Modell des System-Verhaltens beispielsweise die Ausführlichkeit der System-Reaktionen.
- Das Verständnis der vorangegangenen Äußerungen wird im Dialog-Gedächtnis in Form aktualisierter Teile des Weltmodells abgelegt.
- An die Kommunikation geknüpfte Erwartungen bezieht das System aus seinem Dialog-Modell, inhaltliche Erwartungen aus dem instantiierten Wissen des Gedächtnisses.
- Die durch die Äußerung etablierte Interrelation, dh. die momentane Beziehung zwischen Sprecher und Hörer (zB. S gibt H eine Auskunft), spiegelt sich im letzten Dialogschritt oder globaler im gerade aktuellen Subdialog wider.

5.2 Die Wissensbasis: ein Modell des Diskursbereichs

Die Wissensbasis des Pragmatik-Moduls modelliert vier verschiedene Aspekte des zum Verstehen in einer Dialogsituation notwendigen Hintergrundwissens (7):

- * den situativen Kontext, in den der Dialog eingebettet ist,
- * eine Typisierung zu erwartender Sprecher-Intentionen,
- * Diskursbereichs-abhängiges Wissen und
- * allgemeines enzyklopädisches Weltwissen.

Die zu diesen Aspekten formulierten Konzepte lassen sich entsprechend zu vier Ebenen des Netzwerks gruppieren, die wie folgt charakterisiert werden können:

- * die Situationsebene
- * die Intentionsebene,
- * die thematische Ebene sowie
- * die Weltebene.

(7) Das Pragmatik-Netzwerk wurde von R.Müller-Meernach (1982) entworfen. Die hier vorgestellte Wissensbasis entspricht diesem im wesentlichen bis auf einige modifizierte Benennungen.

5.2.1 Die Situationsebene

Die Situationsebene repräsentiert im Konzept SITUATION den Kontext des Gesprächs. Es enthält die nötigen Angaben über die am Dialog beteiligten Personen, die Zeit einer Äußerung, den Ort und das Thema des Dialogs.

Durch die Instantiierung dieses Konzepts zu Beginn der Analyse können gewisse Vorerwartungen bezüglich des Partners und des Gesprächsgegenstands zum Ausdruck gebracht und der situative Rahmen (Zeit und Ort) aktualisiert werden. Die Ermittlung des Datums und der Uhrzeit wird durch prozedurale Information ermöglicht: dem TIME-Attribut ist ein Programm adjungiert, das die interne Uhr und den Kalender auf den aktuellen Stand bringt.

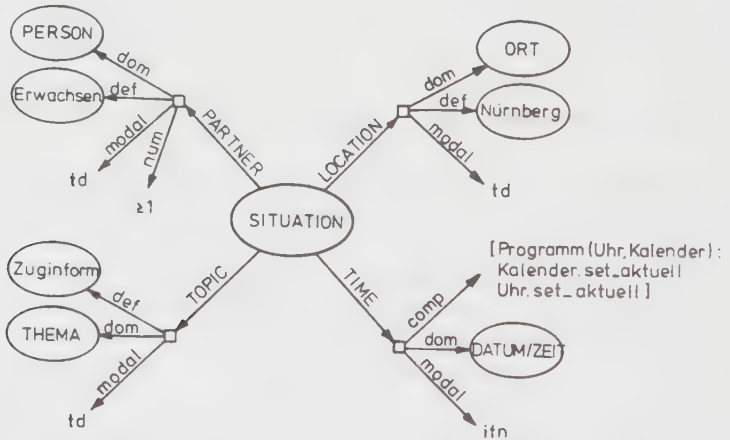


Abb. 5-1: Die Situationsebene

5.2.2 Die Intentionsebene

Die Intentionsebene definiert die verschiedenen Sprecher-Intentionen, die vom System erkannt und erfüllt werden können. Von den grundsätzlich zu unterscheidenden drei Gruppen

- * thematisch orientierte (zB. Sachfragen aus dem Gegenstandsbereich),

- * dialog-orientierte (Äußerungen zur Steuerung des Dialogablaufs) und
- * emotional orientierte Intentionen (Ausdruck von Freude, Angst, Ärger...)

sind derzeit nur thematisch orientierte vorgesehen (8). Die Vernachlässigung emotional begründeter Äußerungen läßt sich im Rahmen eines Auskunftssystems sicherlich rechtfertigen. Die dritte Gruppe von Sprecher-Absichten schließlich, die in erster Linie auf die Steuerung des Gesprächs abzielt, wie etwa Begrüßung, Bestätigung und Ratifizierung, ist für die Modellierung im Zusammenhang mit einer speziellen Dialog-Komponente vorgesehen, die bereichsunabhängige allgemeine Aspekte der Dialogführung zum Gegenstand hat.

Mit der Definition der Konzepte, die die Intentionsebene bilden, wird letztlich der Umfang der dem System verständlichen Benutzer-Anweisungen und der erfüllbaren Sprecher-Absichten festgelegt. Auf eines der hier definierten Ziel-Konzepte hin muß im Lauf der Analyse (unter Umständen mittels Inferenzen und über mehrere Dialogschritte hinweg) jede Benutzer-Anfrage interpretiert werden, um eine adäquate Reaktion des Systems (die gewünschte Auskunft) anstoßen zu können.

Für den Gegenstandsbereich "Zuginformation" werden als erwartete Sprecher-Ziele fünf Typen von Auskünften unterschieden, die dem Diskursbereich, wie er auf der thematischen Ebene repräsentiert ist, je nach Intention verschiedene "Relevanzstrukturen" auftragen. Durch diese Strukturierung werden verschiedene Sichten auf die Information zur "Intercity-Welt" definiert, die jeweils verschiedene Schwerpunkte setzen, Erwartungen und Schlußfolgerungen nach sich ziehen und Ausschnitte ausblenden.

Die Auskunftstypen definieren sich über eine Reihe charakteristischer Attribute, deren Belegung für die Erkennung, um welche Art von Auskunft es sich handelt, entscheidend ist. So deutet zum Beispiel eine Richtungsangabe auf eine andere Art der Frage hin als eine Altersangabe. Die Rollenstruktur einer Äußerung (im Sinne der in Kap.4 eingeführten Tiefenkaskus-Rahmen) kann somit als Kriterium zur Bestimmung der Intention mit herangezogen werden.

Eine darüberhinausgehende Gruppe von Attributen spezifiziert zu jedem Auskunftstyp, welche (evtl. nur implizit gegebenen) Informationen zur Beantwortung der Frage Voraussetzung sind, und auf welchem Wege schließlich die Information für

(8) Eine ähnliche Unterscheidung von Sprecher-Intentionen nimmt zB. D.Wunderlich (1970) vor.

die Antwort ermittelt werden kann. So läßt sich etwa eine Auskunft über mögliche Ermaßigungen nur verbindlich geben, wenn einerseits das Alter des Sprechers bekannt ist, und andererseits das System Wissen darüber besitzt, welche Bedingungen für die verschiedenen Ermaßigungen gelten.

Die fünf verfügbaren Auskunftstypen lassen sich anschaulich anhand von Beispiel-Anfragen unreißen:

a) **Objekt-Auskunft:**

"Hat der Zug einen Speisewagen?"

"Kann ich mein Fahrrad mitnehmen?"

b) **Reservierungs-Auskunft:**

"Was kostet eine Reservierung?"

"Können Sie mir einen Platz reservieren?"

c) **Verbindungs-Auskunft:**

"Gibt es eine direkte Verbindung nach Flensburg?"

"Ich möchte lieber über Aschaffenburg fahren."

d) **Fahrplan-Auskunft:**

"Wann fährt der letzte Zug nach Karlsruhe?"

"Ich möchte vor zehn Uhr ankommen."

e) **Fahrpreis-Auskunft:**

"Was kostet eine Fahrkarte nach Heidelberg?"

"...und der Intercity-Zuschlag?"

Abb.5-2 zeigt die Attribut-Strukturen der Konzepte, die diese Auskünfte charakterisieren. Daneben wird deutlich, welche Beziehungen zwischen den Typen bestehen: Fahrpreis- und Fahrplan-Auskunft sind als Spezialisierungen des Grundkonzepts VERBINDUNGS-AUSKUNFT definiert. Sie erben damit seine interne Struktur und sind darüberhinaus durch zusätzliche charakteristische Attribute ausgezeichnet. Für eine Fahrpreis-Auskunft ist neben der Strecke die Angabe der Klasse erforderlich, für

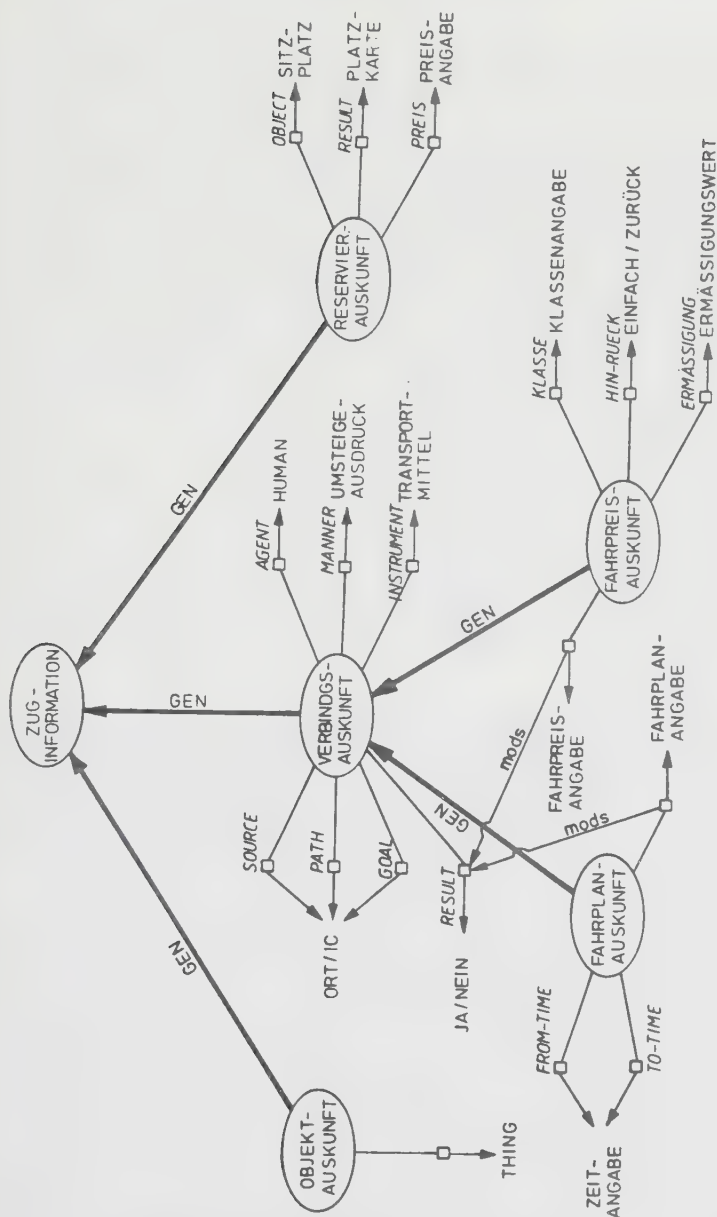


Abb. 5-2: Die Struktur der Auskunftstypen

eine Fahrplan-Auskunft muß zumindest eine der beiden Randbedingungen Abfahrts- oder Ankunftszeit eingeschränkt sein.

Bemerkung: Eine relativ enge Beschränkung des Objektbereichs als dessen, "worum mit dem System geredet werden kann", läßt sich einerseits mit der Annahme eines "kooperativen Sprechers" begründen, von dem erwartet werden kann, daß er sich in seinen Äußerungen auf das beschränkt, "was zum Thema gehört". Andererseits kann so auch auf unvollständige und unvollständig erkannte Äußerungen mit vertretbarem Aufwand noch richtig reagiert werden, während die Gefahr fehlerhafter Inferenzen mit der Breite des abgedeckten Problembereichs sicherlich ansteigt, gerade wenn man die Vielzahl alternativer Ergebnisse der vorangehenden phonetischen bis semantischen Analyseprozesse in Betracht zieht.

5.2.3 Die Weltebene

Die Konzepte der "Weltebene" beschreiben allgemeine, als "Weltwissen" zu umreichende Sachverhalte und Begriffe. Hierzu zählt insbesondere die Repräsentation zeitlicher Verhältnisse und das prozedurale Wissen um die Auflösung und Verarbeitung zeitlicher Ausdrücke.

Daneben bildet eine sehr allgemeine begriffliche Taxonomie die Grundlage der Wissensbasis, auf der die spezialisierteren Konzepte der thematischen Ebene aufbauen. Der Umfang der hier definierten Begriffe läßt sich in etwa vergleichen mit dem Grundwortschatz, der unabhängig von der Anwendung des Systems als bekannt vorausgesetzt wird. Ebenso sollten die Konzepte dieser Ebene so weit als möglich von der speziellen Verwendung der Wissensbasis abstrahieren.

Eine weitere Randbedingung für den Entwurf der grundlegenden Konzepte und ihre Strukturierung besteht darin, daß sie kompatibel gehalten werden sollten mit den semantischen Primitiva, die die Semantik-Komponente den Ausdrücken als Interpretation zuweist. Da diese allgemeinen, kontext-unabhängigen Bedeutungsmerkmale im Rahmen der pragmatischen Analyse im Hinblick auf den Gegenstandsbereich spezialisiert werden sollen, stellt die hier beschriebene Gruppe von Konzepten eine der Schnittstellen zwischen semantischer und pragmatischer Verarbeitung dar.

5.2.4 Die thematische Ebene

Der mit "thematische Ebene" bezeichnete Ausschnitt der Pragmatik-Wissensbasis repräsentiert den speziellen Diskursbereich des Systems. Er umfaßt die Begriffe, die im Kontext "Intercity-Auskunft" relevant sind, und deren Kenntnis zur Beantwortung von Fragen zum Themenbereich erforderlich ist. Ein typischer Sachverhalt, der zum Objekt-Wissen dieser Ebene gehört, ist die Information, daß ein Trans-europaexpress nur Wagen der ersten Klasse hat und daß er einen Speisewagen hat. Dieses Wissen wird primär durch Konzept-Attribute der Modalität "inherent" dargestellt.

Der lexikalische Bereich, der mit diesen Konzepten abgedeckt wird, entspricht in etwa dem von R.Müller-Meernach (1981) zusammengestellten Fachwortschatz "Intercity". Bei der Strukturierung dieses Wissensbereichs sollte darauf geachtet werden, daß er bei einer Änderung des Gegenstandsbereichs modular austauschbar bleibt, bzw. daß Modifikationen ohne Auswirkung auf die allgemeineren Konzepte der Weltebene bleiben.

5.3 Teil-Aufgaben der pragmatischen Analyse

Formuliert man als Aufgabe des Pragmatik-Moduls die Berücksichtigung der Diskursbereichs-abhängigen Aspekte einer Äußerung (vgl. 2.8), so lassen sich daraus zwei Teil-Aufgaben ableiten:

- * Herstellen von Bezügen zum Weltmodell, um zu ermitteln, "worüber" der Benutzer spricht, und
- * Ableiten der aufgabenorientierten Intention des Benutzers, um zu erkennen, welche Information er damit vom Auskunftssystem erhalten will.

5.3.1 Bezug zum Weltmodell

Eine sprachliche Aussage erhält Bedeutung dadurch, daß sie vom Hörer zu seinem Hintergrundwissen in Beziehung gesetzt wird, um zu erkennen, welche Begriffe und Sachverhalte ihr zugrundeliegen, bzw. auf welche Konzepte des als gemeinsam angenommenen Wissens sie referiert. Die erwähnten Personen, Objekte und Sachverhalte werden in den Vordergrund des Wissens gerückt, auf sie konzentriert sich die Aufmerksamkeit des Hörers. Sie blenden quasi einen bestimmten Ausschnitt aus dem Dis-

kursbereich als momentan relevant aus. Im System wird dies dadurch simuliert, daß ein Teil des Weltmodells, bzw. seiner Repräsentation, aktualisiert (in Netzwerk-Terminologie: instantiiert) wird. Für jedes neu angesprochene Konzept oder Objekt wird in diesem Bereich eine Repräsentation erzeugt. Zu erkennen, **welcher** Bereich des Wissens angesprochen wird, bedeutet konkret für den Pragmatik-Modul die Aufgabe, die semantischen Hypothesen über die textuelle Bedeutung des Satzes (in Form von Kasusrahmen-Instanzen) im Hinblick auf den Gegenstandsbereich zu spezialisieren. Eine semantische Interpretation bietet dafür zwei Ansatzpunkte:

- * Sie besteht zunächst aus einer Zuweisung semantischer Merkmale an die Konstituenten des Satzes, die den sprachlichen Ausdruck und seine möglichen Referenten grob charakterisieren.
- * Die Beziehungen zwischen den so beschriebenen Konstituenten werden durch ihre Einbettung in einen Kasusrahmen dargestellt, der die relationale Grundstruktur des Satzes und damit seinen propositionalen Gehalt zum Ausdruck bringt.

Eine Abbildung ("matching") dieser semantischen Interpretation auf Teile des Weltmodells muß folglich in zweierlei Hinsicht erfolgen,-- die Klassen sind auf geeignete Konzepte abzubilden, die Kasus auf Attribute in Konzepten:

1) Spezialisierung der Klassen:

Die allgemeinen semantischen Kategorien (die semantischen Merkmale), die für die semantische Analyse und Beschreibung des Satzes ein ausreichend "feines" Klassifikationsraster für die Konstituenten liefern, sind für den Bezug auf das Weltmodell in distinktivere Klassen aufzuspalten. Für das Verstehen einer Äußerung und ihrer Intention muß die Beschreibung von Objekten (dh. ihre konzeptuelle Darstellung im Modell) soweit spezialisiert werden, daß auch die ganz speziellen Assoziationen, die im Rahmen des Diskursbereichs mit einem Konzept verknüpft sind, zugänglich werden (zB. "BLAUER ENZIAN" --> Intercity --> Zuschlag erforderlich --> 1./2. Klasse?). So genügt es zwar für die Prüfung der semantischen Konsistenz des Satzes

"halt der Zug in Solingen-Ohligs?"

zu wissen, daß "Solingen-Ohligs" das semantische Merkmal "Ortsangabe" (LOCation) besitzt, für die Beantwortung der Frage im Kontext "IC" ist jedoch ua. entscheidend, ob Solingen-Ohligs einen IC-Bahnhof hat, also etwa durch das speziellere Pragmatik-Konzept STADT_MIT_IC-BAHNHOF beschreibbar ist.

In der Representation des Weltmodells drückt sich die Vorstellung der bereichsabhängigen Spezialisierung so aus, daß den Diskursbereichs-abhängigen Konzepten (INTERCITY) als Generalisierung die allgemeinen semantischen Kategorien (TRANSPORT) übergeordnet werden. So ist beispielsweise STADT_MIT_IC-BAHNHOF (über mehrere Abstraktionsstufen) eine Spezialisierung des semantischen Konzepts LOCATION.

2) Spezialisierung der Kasus:

Das Wissen über den Diskursbereich beschränkt sich nicht auf die Kenntnis typischer Objekte und Klassen von Objekten,-- wesentlich für Schlußfolgerungen und die Beantwortung von Fragen sind die **Beziehungen zwischen** den Objekten. Hierzu zählen sowohl die Attribut- oder Teil/Ganzes-Relation und die Element/von-Beziehung, als auch die Rolle, die ein Objekt für einen übergeordneten Begriff oder zB. in einer Handlung spielt.

Da die semantische Rollenstruktur eines Satzes auch Gegenstand der Kasusrahmen-Analyse im Semantik-Modul ist, müssen Beziehungen hergestellt werden zwischen den allgemeinen logisch-semantischen Tiefenkasus und den pragmatischen Rollenbezeichnungen im Weltmodell.

Das Problem der Abbildung von Tiefenkasus auf "slots" ist im Kontext der frame-Theorie unter dem Schlagwort "case-slot-identity theory" diskutiert worden (Charniak 1981). Da semantische Netzwerke, in denen die Pragmatik-Wissensbasis repräsentiert ist, im wesentlichen den gleichen Strukturierungsprinzipien unterliegen wie die frames (die Attribute entsprechen weitgehend den slots), läßt sich diese Diskussion auch auf das Netzwerk-Paradigma und somit auf die Kasus-Attribut-Beziehung übertragen.

Die Ähnlichkeit der kasustheoretischen Darstellung in der Linguistik mit frame-Representationen in der AI legte es nahe, eine Korrespondenz zwischen den Kasuspositionen eines Verbs und den slots des frames, das seine Bedeutung beschreibt, anzunehmen (Winston 1977, ähnlich Fillmore 1977a).

Beispiel (aus Charniak 1981):

vgl. etwa den Kasusrahmen für "to read":

"read"

cases:

AGENT=

PATIENT=

mit dem "reading"-frame:

"reading"

slots:

READER=

READ=

Die nötige Abbildung lautet:

AGENT : READER

PATIENT : READ

Vertreter der "maximal-Hypothese" (Charniak) behaupten, es sei keine Abbildung zwischen Kasus und slots nötig, vielmehr seien beides identische Begriffe. Dagegen leugnet die "minimal-Hypothese" jeglichen Zusammenhang zwischen Kasus und slots, -- eine Kasusmarkierung für ein Satzglied läßt nach ihrer Auffassung keine allgemeingültigen Schlüsse darüber zu, auf welchen slot das Satzglied abzubilden ist.

Soweit als möglich werden im Netz des Pragmatik-Moduls Kasusnamen auch als Attributnamen (die den slots in etwa entsprechen) verwendet, um eine Relation zwischen Kasusstrukturen und Konzepten (Netzen) herzustellen. So spezifiziert der Tiefenkasus GOAL ("Richtungsangabe") in der FAHRPLAN-AUSKUNFT (Abb.5-2) den Zielort und wird für dieses Attribut auch direkt als Attributname übernommen.

Die Tiefenkasus stellen so ein allgemeines Grundinventar an Attribut-Beziehungen zur Verfügung. Man stellt jedoch schnell fest, daß allein mit diesen feinere bereichsabhängige Bedeutungsunterschiede nicht darstellbar sind. So kann zB. der Kasus TIME ("um 4 Uhr") je nach Kontext sowohl die Ankunftszeit als auch die Abfahrtszeit einer Reise meinen. Zum Kasusinventar tritt daher eine Reihe bereichsabhängiger Attributnamen, die Spezialisierungen oder Erweiterungen davon darstellen. Solche Attribute sind zB.: TEIL, RESULT (Abb.5-2), KLASSE, HIN/RUECK, etc.

Die Erkennung der speziellen Attribute, für die es keine Kasus-Äquivalente gibt, muß über die Wertebeschränkungen der Attribute erfolgen, sodaß die Abbildung einer semantischen Interpretation auf den Diskursbereich zwei Teilprobleme aufwirft, die eng miteinander verknüpft sind:

- * Zu welchen Konzepten lassen sich die semantischen Klassen der Objekte spezialisieren (zB. TRANSPORT --> INTERCITY), ohne Kontext-Bedingungen zu verletzen, bzw. welche Konzepte lassen sich aus verwendeten Wörtern ableiten, um die spezielle Funktion der sprachlichen Ausdrücke im Kontext des Gegenstandsreichs zu ermitteln ("28.10." --> DATUMSANGABE)?
- * In welche Attributstruktur (eines Konzepts) läßt sich die Kasusrahmenstruktur überführen, dh. mit welchen Attributen in welchen Konzepten lassen sich Kasus des Satzes direkt identifizieren (zB. MANNER="direkt" mit dem Attribut MANNER im UMSTIEGE_AUSDRUCK, oder auch GOAL="Hamburg" mit dem Attribut GOAL in der VERBINDUNGS-AUSKUNFT)?

Beide Prozeduren stehen in Wechselwirkung miteinander und können sich gegenseitig unterstützen. Kann ein Attribut nicht über den Kasusnamen identifiziert werden (wie etwa die ABFAHRTSZEIT, s.o.), so kann es häufig über die Definition seines Wertebereichs erschlossen werden (zB. als DATUM/UHRZEIT). Zusätzliche Kriterien liefern Randbedingungen, die von anderen Attributen ausgehen und die die Struktur (im Sinne der STRUCTURAL/CONDITION von Kap.3.4.4.6) des Konzepts definieren: ist die ABFAHRTSZEIT als "1.Dezember" festgelegt worden, so kann der "26.November" als ANKUNFTSZEIT nicht akzeptiert werden.

Weitere Konsistenzbedingungen ergeben sich durch Vorannahmen und die Tatsache, daß bereits belegte Attribute nur insofern mehrfach belegt werden dürfen, als dies ihre NUMBER-facette angibt.

5.3.2 Ableitung des Auskunftstyps

Der Pragmatik-Modul unterscheidet als "thematisch orientierte Intentionen" die fünf verschiedenen Auskunftstypen der Intentionsebene (vgl. 5.2.2). Ihre Darstellung charakterisiert einerseits, welche Information Voraussetzung dafür ist, daß eine bestimmte Auskunft gegeben werden kann. Sie definiert andererseits, durch welche Anfragen an den Fahrplan-Modul die Auskunft dann zu ermitteln ist. Unter der Vorannahme, daß in der Gesprächs-Situation "Auskunft" Benutzer-Äußerungen primär die Absicht verfolgen, Information zu gewinnen, wird versucht, jede Benutzer-Äußerung auf einen der Auskunftstypen hin zu interpretieren. Konkret bedeutet dies, daß eine Instanz des entsprechenden Typs abgeleitet werden muß, in der alle obligatorischen Attribute belegt sind. Dies kann auf zwei Wegen geschehen, die

wiederum einander zuarbeiten können:

- * Vorwärts-Inferenzen: Ableitungen, die von der direkten Abbildung der semantischen Interpretation ausgehen, wie sie in 5.3.1 beschrieben wurde.
- * Rückwärts-Inferenzen: Rückschlüsse aus Erwartungen über die nächste Benutzer-Intention, die sich aus der Dialog-Situation oder aus anwendungsbedingten a priori Erwartungen ergeben (die wahrscheinlichste Auskunft dürfte die Fahrplan-Auskunft sein, und nicht etwa die Reservierungs-Auskunft).

5.3.2.1 Vorwärts-Inferenzen

Als "Vorwärts-Inferenzziehung" wird das Vorgehen bezeichnet, aus einem Datum sämtliche möglichen Folgerungen abzuleiten ("data driven inference"). Inferenzen aus einer Instanz werden durch prozedurale Attribute unterstützt, deren Ablauf automatisch angestoßen wird, sobald sie instantiiert werden ("read-time-Inferenzen"). So werden etwa beim Beginn des Dialogs, wenn das Konzept SITUATION instantiiert wird, Prozeduren angestoßen, die das aktuelle Datum setzen und die interne Uhr stellen.

Das Auftreten einer Instanz kann auch als Indiz dafür fungieren, daß ein übergeordnetes Konzept instantiiert werden kann, wenn sie als möglicher Bestandteil (dh. als Attributwert) darin betrachtet werden kann ("criteriality", Hayes 1960). Beispielsweise kann der Ausdruck "ohne Umsteigen", der zunächst eine Instanz von UMSTEIGEN_NEIN liefert, als Attribut MANNER in einer VERBINDUNGS-AUSKUNFT interpretiert werden. Hierzu muß eine Generalisierung von UMSTEIGEN_NEIN als UMSTEIGE_AUSDRUCK vorgenommen werden, der als Wertebereich für das MANNER-Attribut angegeben ist (Abb.5-3).

5.3.2.2 Rückwärts-Inferenzen

Als "Rückwärts-Inferenz" wird eine Methode des Schlußfolgerns bezeichnet, die ein Ziel solange in ableitbare Unterziele zerlegt, bis sie durch das Datum erfüllt oder falsifiziert werden können ("goal driven inference"). Unterziele des Globalziels "Auskunft" definieren dabei zunächst die obligatorischen Attribute des Konzepts, die charakteristisch für den entsprechenden Auskunftstyp sind. Das Zielkon-

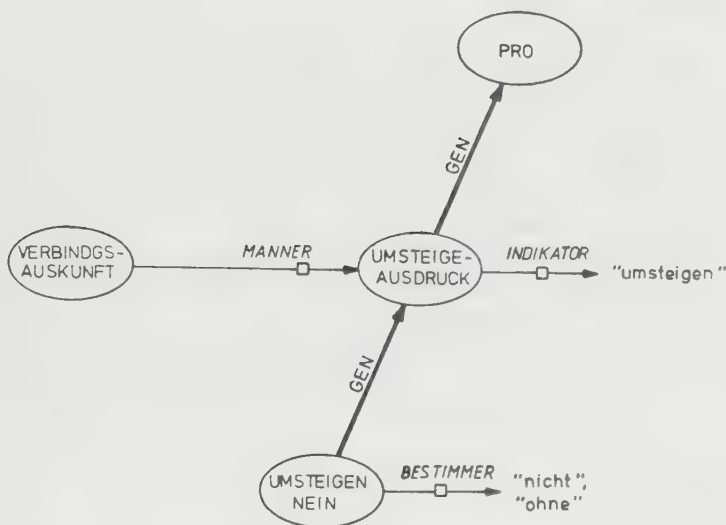


Abb. 5-3: OHNE UMSTEIGEN als Indiz für eine VERBINDUNGS-AUSKUNFT

zept ist durch Vorerwartungen oder den Dialogkontext gegeben, wenn etwa das System im letzten Dialogschritt die Initiative übernommen und eine Aufforderung oder Rückfrage an den Benutzer gestellt hat.

Um eine Instanz des Zielkonzepts aufzubauen, werden für die Attribute Werte zunächst unter den explizit erwähnten Entitäten (den schon erstellten Instanzen) gesucht. Darüberhinaus müssen implizit erwähnte Größen aus dem Wissen insbesondere um inhärente Eigenschaften und Teile der Objekte (vgl. 3.5.4) erschlossen werden. So kann ein Benutzer zB. einfach eine "Reservierung" verlangen und dabei implizit auf einen Sitzplatz in einem Abteil Bezug nehmen, ohne es explizit erwähnen zu müssen. Allein die Tatsache, daß über einen bestimmten Zug gesprochen wurde, läßt das System annehmen, daß es sich um eine Platzreservierung handelt, da mit einem Zug automatisch auch seine Teile mit angesprochen sind ("semantische Implikation"). Insbesondere sind Sitzplätze über mehrere Vererbungsstufen (ANHAENGER - PERSONENWAGGON - ABTEIL - SITZPLAETZE) inhärente Teile eines Zuges.

5.3.3 Hypothesen-Erzeugung

Ein erkannter Auskunftstyp spezifiziert unter dem Attribut RESULT, mit welcher Anfrage an den Fahrplan-Modul die Information zur Beantwortung der Benutzerfrage ermittelt werden kann. Diese Datenbank-Anfrage besitzt i.a. eine Reihe von Parametern, die aus den Attributen der Instanz zu gewinnen sind. In welcher Weise dies zu geschehen hat, ist in prozeduraler Form als "if_needed"-Vorschrift ("question-time-Inferenz") niedergelegt. Falls für alle Parameter aktuelle Werte gefunden werden können, wird die Auskunfts-Instanz als Pragmatik-Hypothese codiert. Die vollständig spezifizierte Datenbank-Anfrage stellt in dieser Hypothese ein besonderes Attribut dar. Falls die Hypothese auch aus der Sicht des Dialog-Moduls für plausibel gehalten wird, reicht dieser sie an den Fahrplan-Modul (IC-Modul) zur Bearbeitung weiter und legt mit den ermittelten Daten den Inhalt der Antwort fest.

5.4 Die Modul-Struktur

Die definierten Aufgaben und Wissensbasen des Pragmatik-Moduls spiegeln sich in der Modul-Struktur (Abb. 5-4) folgendermaßen wider:

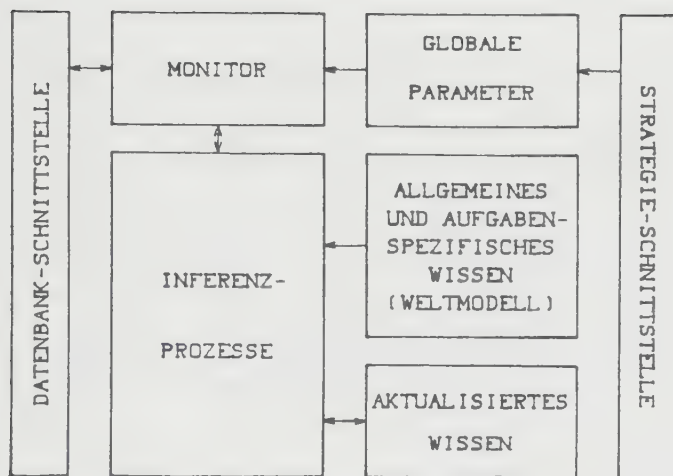


Abb. 5-4: Die Struktur des Pragmatik-Moduls

6 Ein Dialog-Modul

6.1 Der Gegenstand des Dialog-Moduls: Aspekte der Dialogführung

Auch im Rahmen eines Auskunftssystems, in dem sich Frage und Antwort zunächst als die zentralen und typischen Formen von Sprechhandlungen darstellen, beschränkt sich im allgemeinen ein Gespräch nicht ausschließlich auf eine Folge von Frage/Antwort-Paaren. Verhalten sich beide Kommunikationspartner kooperativ, so wird insbesondere im aufgabenorientierten Dialog (beispielsweise in Beratungs- und Auskunftsgesprächen) der Ablauf wesentlich durch metakommunikative Äußerungen geprägt. Diese dienen vor allem der Verständnissicherung ("Habe ich Sie richtig verstanden?") oder der Klärung ("Wie meinen Sie das?"). Daneben verlangen allgemeine Konversationsprinzipien den Austausch bestimmter Höflichkeitsfloskeln (Grußformeln, Dank).

Aufgrund von Hypothesen über Wissen, Fähigkeiten und Absichten des Kommunikationspartners wendet ein Sprecher bestimmte sozial geregelte Interaktionsstrategien an, um seine kommunikativen Ziele zu erreichen. Eine solche Strategie beruht auf der Kenntnis typischer kommunikativer Handlungsschemata, die die konventionell geregelte Ablaufstruktur verschiedener Dialogtypen repräsentieren.

Die Interaktionsschemata lassen dem Hörer mehr oder weniger Spielraum für die Art der Reaktion auf Äußerungen und die damit übermittelten Konsequenz-Anweisungen. So ist die Interaktion im Rahmen bestimmter Institutionen und offizieller Anlässe, zB. in Gerichtsverhandlungen, stark festgelegt. Ähnlich lassen sich für aufgaben-orientierte Dialoge, wie sie etwa in der Kommunikationssituation "Auskunft" stattfinden, Schemata spezifizieren, die typische Abfolgen einzelner Dialogphasen und -schritte angeben. Nur die gemeinsame Vertrautheit mit diesem Schema ermöglicht es den Partnern, die kommunikative Funktion von Äußerungen aufgrund ihrer Erwartungen richtig einzuschätzen und die passende Strategie zu entwickeln, um ihre eigenen Ziele zu erreichen.

Grundsätzlich wird, wie in Kap. 2.7 dargestellt, unterschieden zwischen "handlungsorientierten" Dialogschritten, die zur Steuerung des Dialogs dienen (wie Gruß- und Dankesformeln, Frageeinleitung), und "thematisch orientierten", die eine Änderung des Wissensstandes oder des Weltmodells der Partner bewirken (wie Informationsfragen und Antworten auf Informationsfragen). Ein typisches Beispiel für erstere sind die Schritte innerhalb eines Subdialogs zur Verständnissicherung:

So sind zB. auf eine Bestätigungsfrage:

"Haben Sie Hamburg gesagt?"

folgende Reaktionen des Partners denkbar:

* Verbesserung:

"Nein, ich möchte eine Fahrkarte nach Stuttgart."

"Nein, nicht Hamburg, ... Stuttgart!"

* Zurückweisung:

"Nein, wieso Hamburg?"

* Bestätigung:

"Ja, klar."

Nicht nur die Einbettung in den Dialogverlauf, sondern auch verschiedene Faktoren des situativen Zusammenhangs sind häufig entscheidend für den "Sinn", den eine Äußerung erhält. Zum Kontext gehören einerseits außersprachliche Bedingungen, wie die soziale Beziehung zwischen den beiden Partnern (zB. die Relation Professor/Doktorand), Kenntnisse der speziellen Situation, in der sie sich befinden, oder Allgemeinwissen, das als generell bekannt vorausgesetzt wird. Andererseits spielt auch der sprachliche Kontext eine Rolle, da er Annahmen über das Wissen stützt, das dem Partner bekannt sein müßte, weil es während des Dialogs schon explizit oder implizit erwähnt wurde.

Auf dieses beim Hörer vorausgesetzte Wissen bezieht sich ein Sprecher, wenn er auf ein bestimmtes außersprachliches Objekt durch Rückverweise (Pronomina, bestimmte Artikel) oder durch deskriptive Referenzen (zB. durch Umschreibung oder Namen, die beiden bekannt sind) Bezug nimmt.

Die Modellierung dieser Kontext-Aspekte und der Dialogstruktur, sowie die Analyse der kommunikativen Funktion von Äußerungen sind die Aufgaben des Dialog-Moduls.

6.2 Teil-Aufgaben

Im einzelnen lassen sich für den Dialog-Modul zur Modellierung der kommunikativen Kompetenz des Systems folgende Gruppen von Teil-Aufgaben spezifizieren (das Zusammenwirken der verschiedenen Teil-Prozesse und Wissensbasen veranschaulicht

Abb.6-1):

a) Aufgaben, die das **Verstehen** betreffen:

- * semantische und pragmatische **Ellipsen** auflösen und **Referenzen** bestimmen (also die Objekte in der Repräsentation bestimmen, auf die sich bestimmte sprachliche Ausdrücke beziehen).
- * **Sprechakt-Erkennung** aus der Kenntnis von Handlungsplanen und aufgrund von Erwartungen aus der Dialogsituation.
- * **Bewertung** alternativer Interpretationen bezüglich ihrer Vertraglichkeit mit dem Kontext und **Entscheidung** für eine Interpretation.

b) Aufgaben, die die **Dialogstruktur** betreffen:

- * **Dialogplanung** zur Erreichung der eigenen Intention entsprechend einem geeigneten Handlungsplan.
- * **Dialogschritt** vollziehen, also das Dialogmodell in einen neuen Zustand überführen. Je nach Schritt-Typ zieht dies verschiedene Reaktionen nach sich:
 - bei einem Dialogschritt, bei dem der Partner aktiv war, Ableitung der Konsequenz-Anweisungen aus dem Verständnis der Äußerung (was bezweckt der Sprecher damit?),
 - bei einem Dialogschritt, in dem das System aktiv werden soll, Formulierung einer Antwort oder einer Rückfrage (also Vollzug eines Sprechakts durch das System).

c) **kognitive** Aufgaben als Folge des Verstehens:

- * **thematische** Konsequenz-Anweisungen werden befolgt durch die Suche nach einer Antwort, bzw. bei Nicht-Erfolg durch die Bestimmung einer Rückfrage.
- * **kognitive** Konsequenz-Anweisungen bewirken eine Modifikation des eigenen Wissens oder eine Korrektur der Einschätzung des Partners.

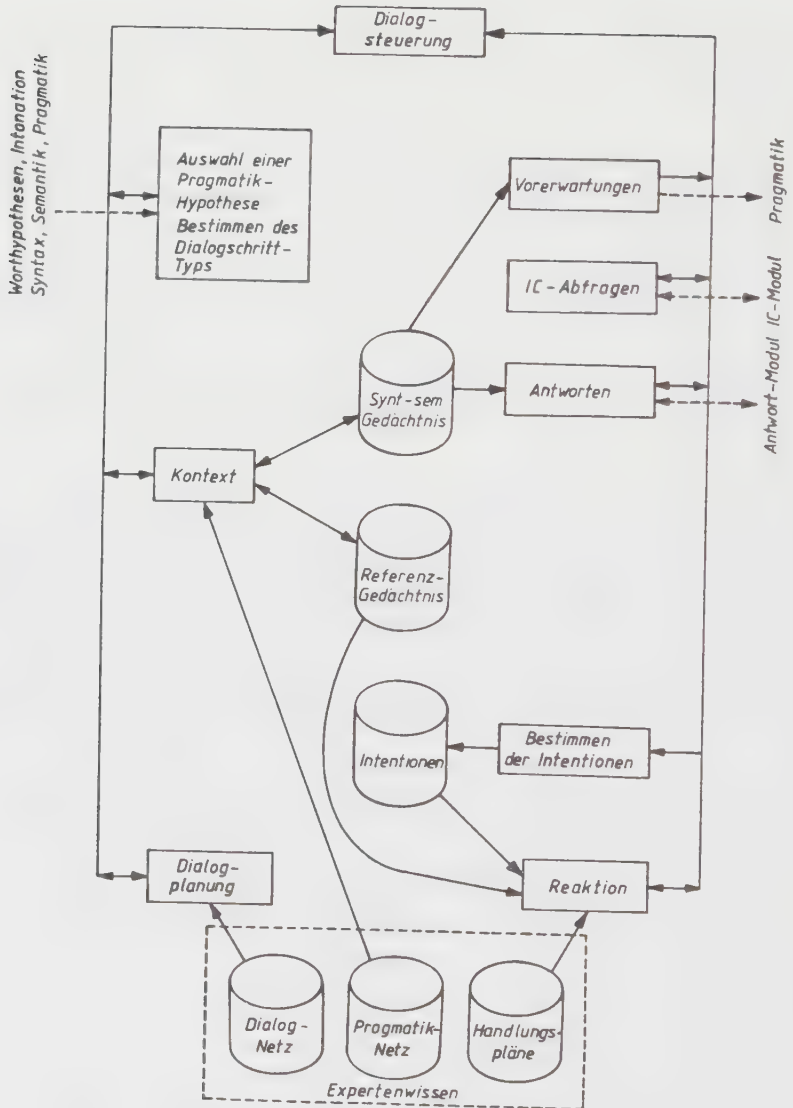


Abb. 6-1: Aufgaben und Wissensbasen des Dialog-Moduls

- * **Gedächtnisse** der Form, des Inhalts und der kommunikativen Funktion der letzten Äußerungen aktualisieren.
- * **Vorerwartungen** ableiten bezüglich des nächsten Dialogschritts, des nächsten Themas, evtl. zu erwartender Formulierungen, die durch eigene Äußerungen (zB. Fragen) nahegelegt werden.

Insbesondere die Aufgaben der Dialogplanung und -Steuerung (vgl. (b)) werden derzeit in (U.Ehrlich 1984) bearbeitet und realisiert.

6.3 Die Wissensbasis

Zur Ausführung der angesprochenen kommunikativen Aufgaben benötigt das System verschiedene (deklarative) Wissensbasen:

- a) Ein **Dialogschema** für den Typ "Auskunftsgespräch", sowie eine Aktualisierung davon, die den bisherigen Verlauf des Gesprächs widerspiegelt. Dieses spezielle Dialogschema definiert die Anwendung des Systems als Auskunftssystem, unabhängig vom Diskursbereich. Es wird als Übergangsnetz implementiert, in dem die Kanten mit Übergangswahrscheinlichkeit gewichtet sind. Das wesentliche Teilnetz "Informationsgewinnung" zeigt Abb.6-2 (9).
- b) Allgemeine **Handlungsplane**, die zB. spezifizieren, wie man eine Information gewinnt oder wie man eine Information erteilt, bzw. wie man eine Klärung des Problems herbeiführt.
- c) **Gedächtnisse** für syntaktische und semantische Strukturen, sowie erwähnte Teilbereiche des Weltmodells, insbesondere die angesprochenen Objekte, auf die im folgenden wieder Bezug genommen werden kann.
- d) Entsprechend (c) einen speziellen Bereich, in dem die abgeleiteten Erwartungen bezüglich folgender Äußerungen festgehalten werden.

(9) Die Dialogschritte des Systems sind mit dem Präfix "S." ausgezeichnet, also etwa "S.Rückfrage", die des Benutzers mit "B.". Dialogschritte in spitzen Klammern verweisen auf Unternetze, die Subdialoge repräsentieren.

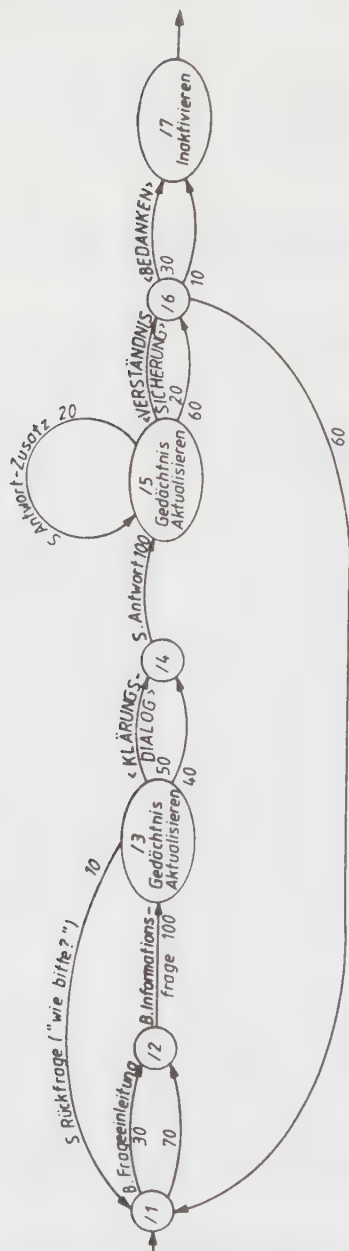


Abb. 6-2: Dialogschema INFORMATIONSGEWINNUNG

- e) Eine Charakterisierung der verschiedenen Dialogschritte, die das Dialogschema als Übergänge zwischen den verschiedenen Zuständen des Dialogs zuläßt.
- f) Ein **Partnermodell**, das Annahmen über den Benutzer enthält:
- * seine Intentionen (welche Information will er erhalten) und seine Wünsche (wie ausführlich soll die Information sein),
 - * seine Einschätzung des Systems,
 - * seine Fähigkeiten (Sprachkompetenz, Kenntnis der Symbole eines Fahrplans und seines Aufbaus),
 - * sein Wissen (sein Verständnis der vorausgegangenen Äußerungen),
 - * sein momentanes kommunikatives Ziel (sein Zustand im Handlungsplan "Informationsgewinnung").
- g) Ein **Systemmodell**, das das System, bzw. den momentanen Zustand des Systems, charakterisiert:
- * Verhaltensparameter, wie etwa "kooperativ", "höflich", etc., die die Strategie des Systems steuern können,
 - * das momentane kommunikative Ziel (der aktuelle Zustand im Handlungsplan "Informationsübermittlung", bzw. "Dialogsteuerung").

6.4 Die Modul-Struktur

Die in 4.4.2 beschriebene allgemeine Modul-Struktur hat für den Dialog-Modul folgendes Aussehen:

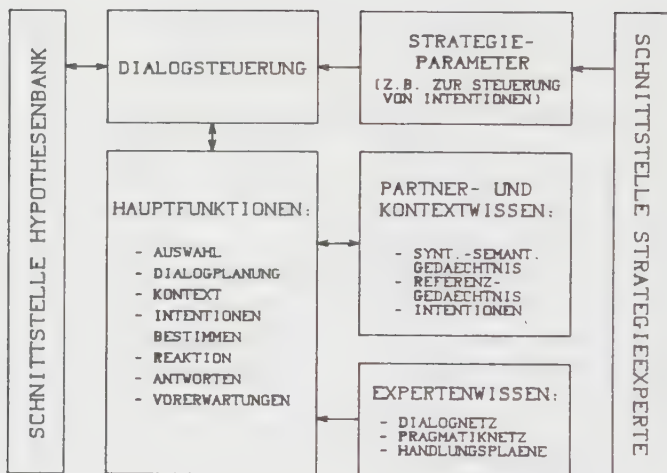


Abb. 6-3: Die Struktur des Dialog-Moduls

7 Ausblick

7.1 Mensch-Maschine Dialog

Eines der Ergebnisse soziolinguistischer Forschungen besteht in der Erkenntnis, daß sich Sprache mit der Situation, den Beziehungen und Absichten der Kommunikationspartner verändert. Die Partner sind aber auch in der Lage, durch Beobachtung des Verhaltens die ganz persönlichen Fähigkeiten ihres Gegenüber einzuschätzen und danach ihr kommunikatives Verhalten zu differenzieren. Wenn auch verschieden stark ausgeprägt, so besitzt doch jeder Sprecher ein linguistisches Repertoire an Ausdrucksmöglichkeiten, um sich auf allen Analyseebenen (bis hinab zur Phonologie) an die jeweilige Situation anzupassen.

Es ist daher zu erwarten, daß der Dialog mit dem Computer in vielerlei Hinsicht anders ausfällt als eine face-to-face Interaktion. Während wir funktionierende Strategien für den Umgang mit menschlichen Kommunikationspartnern besitzen, gibt es zB. für den Benutzer eines automatischen Auskunftssystems kaum Erfahrungen im Dialog mit der Maschine, nach denen er sein Verhalten ausrichten könnte. Daher vermutet zB. E.Wynn (1980), daß ein Sprecher viele kommunikative Fähigkeiten (etwa das Verstehen indirekter Aussagen oder impliziter Aufforderungen) bei einer Maschine gar nicht erwartet und sich in seinem sprachlichen Handeln darauf einstellt. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich diese Annahme empirisch belegen läßt. In jedem Fall wird es zu den wesentlichen kommunikativen Aufgaben des Systems gehören, einerseits die ihm eigenen Möglichkeiten darzustellen, andererseits mit dem Benutzer zu klären, ob er richtig verstanden wurde, und schließlich den Dialog nach den eigenen Fähigkeiten in bestimmte Bahnen zu lenken.

In diesem Zusammenhang spielen die Überlegungen zur Antwortgenerierung eine wesentliche Rolle.

7.2 Antwortgenerierung

Naturlichsprachliche Systeme, die die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ermöglichen sollen, sind nur dann für den Benutzer akzeptabel, wenn die Antworten des Systems verständlich, syntaktisch im wesentlichen korrekt und einigermaßen "gut formuliert" sind. Dazu sind in der Generierungsphase komplexe Prozesse erforderlich. Es muß auf die aktuelle Dialogsituation eingegangen und der (vermutete) Wissensstand des Dialog-Partners berücksichtigt werden. Aus den daraus gewonnenen

Informationen muß eine kommunikativ adäquate Antwort erzeugt werden. Hierfür sind insbesondere Methoden zur Wortwahl, aber auch zur Anaphorisierung und Bildung von Ellipsen notwendig, da die volle Ausformulierung häufig als schwerfällig und sogar dem Verständnis hinderlich empfunden wird.

Beispiel:

"wann fährt der Zug nach München?"

Antwort: a) bald

b) der Zug nach München fährt um 13.01 Uhr

c) 13.01 Uhr

d) um 13.01 Uhr, auf Gleis 4

Während Antwort (a) für den Fragesteller ohne Informationsgehalt ist, wirkt die vollständige Wiederholung der Frage in (b) umständlich. (c) enthält zwar die gewünschte Information, Antwort (d) ist jedoch kommunikativ adäquater, da sie dem Partner entgegenkommt und bereits seinen nächsten Dialogschritt, die Frage nach dem Abfahrtsgeleis, vorwegnimmt.

Ein wesentliches Prinzip, das sich im Aufbau fast aller bekannten Textgenerierungssysteme wiederfindet, ist die Trennung zwischen dem problemlösenden Teil und dessen Wissensrepräsentation einerseits, und dem (portablen) linguistischen Teil, der als Eingabe eine Zwischenstruktur nach einer festen Syntax verlangt. Diese Zwischenstruktur wird von einer zusätzlichen Komponente aus der internen Repräsentation erzeugt und im linguistischen Teil in einen Text umgewandelt. Neben einem syntaktischen und semantischen Lexikon als externe Wissensbasis enthält der linguistische Teil intern ua. morphologisches Wissen, Formulierungsregeln für semantische Relationen (mit welchen Präpositionen drückt man zB. eine Richtung aus?) und Wortstellungsregeln. Der erzeugte Text kann evtl. von einem Sprachsynthesizer ausgegeben werden.

Im Erlanger System ist bisher der linguistische Teil realisiert (Reithinger 1983). Als Zwischenstruktur dient dort eine erweiterte Tiefenkasus-Darstellung des zu sprechenden Satzes:

(138_TEE_hat_erster_klasse_wagen

PROPOSITION

(VERB haben nil)

(OBJECT TEE nil)

(NIL Wagen
 (NIL nur nil)
 (EXPLICATION Klasse
 (NIL 1 nil) DEICTIC)
 PLURAL)

MODALITAET

TENSE PRAESENS MODE INDIKATIV
 TYPE AUSSAGE FOCUS NIL
 SATZNEGATION NEIN)

-->"ein TEE hat nur Wagen der ersten Klasse."

Aus der Eingabestruktur wird eine Dependenz-Darstellung des Satzes erzeugt. Über die Valenzrahmen der regierenden Wörter wird die syntaktische Struktur der Dependenden soweit als möglich bestimmt. Ist eine Bestimmung nicht möglich, werden Prozeduren aktiviert, die die syntaktische Struktur aus den Tiefenkasus bestimmen. Präpositionen, die nicht in den Valenzeinträgen spezifiziert sind, sowie bestimmte, unbestimmte oder Null-Artikel (an der Oberfläche nicht realisierte Artikel) werden selbsttätig gesetzt. Fragepronomen oder -Adverbien (bei Fragen) und Pronomen oder Pronominaladverbien (bei Anaphorisierung) werden aus den semantischen Restriktionen zu den Kasus ebenfalls selbsttätig erzeugt.

Liegt die genaue syntaktische Struktur der Satzglieder fest, erfolgt die Ordnung der einzelnen Satzteile nach U.Engel (1982) bzw. Teubert (1978). Anschließend wird der Dependenzbaum linearisiert und ausgegeben.

Der in N.Reithinger (1983) abgedeckte Sprachausschnitt umfaßt Haupt- und Nebensätze (letztere eingeschränkt), sowie Koordinationen (eingeschränkt), Fragen, Anaphern, Ellipsen und Negationen.

Es ist daran gedacht, die Formulierungskomponente auch zur Ausgabe von semantischen Hypothesen einzusetzen, die ja im wesentlichen auch die dafür erforderliche Form von Kasusrahmen-Strukturen haben. Dieses auf der Lautebene bereits praktizierte Verfahren der Rück-Ausgabe von Erkennungsergebnissen könnte Aufschlüsse sowohl über die Plausibilität der semantischen Analysemethoden als auch über die Korrektheit und Allgemeingültigkeit der Formulierungsregeln liefern.

7.3 Anmerkungen zur Implementierung

Das Führen von Dialogen erfordert eine Reihe kognitiver und kommunikativer Prozesse, die nach linguistischer Begriffsbildung unter die Objektbereiche Semantik und Pragmatik fallen. Für das Erlanger System zum Verstehen und Generieren kontinuierlich gesprochener Sprache wurden drei Moduln vorgestellt: der SEMANTIK-Modul hat die textuelle Interpretation zu leisten, im PRAGMATIK-Modul wird diese Interpretation zum Weltmodell und zum Gegenstandsbereich in Beziehung gesetzt und der DIALOG-Modul schließlich ist mit der Steuerung von Dialogen befaßt.

Die spezifizierten Funktionen des Semantik-Moduls wurden bis auf die Analyse der freien Angaben, die als nicht verbspezifisch im Valenzrahmen eines Satzes unberücksichtigt bleiben, in SIMULA realisiert und ihre Arbeitsweise an Beispielen demonstriert. Im Rahmen der Implementierung zeigte sich, daß die Verwendung "universeller" Datentypen, insbesondere die Beschränkung auf die einheitliche Schnittstelle "Text", in vielen Funktionen zwar den Prinzipien der strukturellen Programmierung ("information hiding") entgegenkommt und die übersichtliche Implementierung verschiedener Datenstrukturen erleichtert, durch hohe Redundanz und besonders durch die relativ aufwendige Darstellung von Texten in SIMULA geht dies jedoch erheblich zu Lasten der Effizienz. Auch die Implementierung der Semantischen Netze in der Graphsprache GRASPE leidet unter der Schnittstelle Text, die von einem Knoten nach außen nur seinen Namen sichtbar werden läßt. Die Verwendung von GRASPE als Zwischensprache bot jedoch den großen Vorteil, daß Operationen zur Graph-Manipulation direkt zur Verfügung standen. Auf diese wohldefinierte Schnittstelle konnten die speziellen Verarbeitungs- (Inferenz-)mechanismen für die Semantischen Netze (Instantiierung, Vererbung, matching etc.) als eigene Abstraktionsebene gesetzt werden, die unabhängig von der Realisierung des Graphen ist.

7.4 Zur Abgrenzung der Wissens-Moduln

Die Tatsache, daß trotz der grundsätzlich plausiblen Abgrenzung der Moduln immer wieder Begründungsprobleme der Art auftraten, welchen Moduln bestimmte Aufgaben und Wissensaspekte zuzuordnen seien, deutet darauf hin, daß es eine Reihe von Problemen aus dem Überlappungsbereich der Moduln gibt, die sich der Unterscheidung "bereichsunabhängig vs. bereichsabhängig" oder "kontextunabhängig vs. kontextabhängig" als Zuweisungskriterium nicht unterordnen. Sie lassen sich in einen Modul häufig nur entweder durch Aufweichen der Grenzen oder durch einen Überlappungsbereich an gemeinsamem Wissen integrieren. Beispiele für ersteres sind zB. die Be-

handlung syntaktischer Valenzaspekte im Semantik-Modul oder das Einziehen einer Intentionsebene im Modell des Diskursbereichs, die im Prinzip Bestandteil der Sprechaktanalyse wäre. Andererseits benötigt der Dialog-Modul zumindest einen Teil des Welt-Modells, um aus dem letzten Dialogschritt Vorerwartungen bezüglich der nächsten abzuleiten. Beide Lösungen gehen letztlich auf Kosten der Effizienz, sei es durch verstärkten Kommunikationsaufwand einerseits, oder durch erhöhten Speicherbedarf andererseits.

Unter dem Vorbehalt einer in sich konsequenten Handhabung der Begriffe und Benennungen scheint es vertretbar, tradierte Begriffsbestimmungen zu modifizieren, wenn dies im konkreten Anwendungsfall angemessen ist: So schließt beispielsweise der vorgestellte Dialog-Modul im theoretisch-linguistischen Sinn "pragmatische" Fragestellungen ein! Eine weitgehende Modularisierung scheint überdies nach wie vor sowohl im Hinblick auf die geplante Realisierung auf einem Multiprozessorsystem als auch auf die hohe Komplexität der Verarbeitung auf den höheren Abstraktionsebenen unerläßlich, und mit den oben erwähnten Einschränkungen auch machbar. Inwieweit sich die definierten Moduln in der Kooperation in einem Gesamtsystem bewahren, müssen umfangreiche Experimente, möglichst auf einem Multiprozessorsystem, erweisen.

8 Zusammenfassung

Die gesprochene Sprache gewann seit einigen Jahren sowohl als Forschungsgegenstand der Sprachwissenschaft als auch der automatischen Sprachverarbeitung immer mehr an Bedeutung. Standen dabei zunächst bevorzugt syntaktische Fragestellungen im Vordergrund, so verlagerte sich das Interesse allmählich immer mehr auf den kommunikativen Aspekt von Sprache als einer speziellen Form sozialen Handelns. Insbesondere werden nun auch dem Sprechen und Verstehen zugrundeliegende kognitive Prozesse sowie außersprachliche Faktoren in die Untersuchung miteinbezogen.

Die semantischen und pragmatischen Bedeutungsaspekte, die in einem natürlich-sprachlichen Dialogsystem zu berücksichtigen sind, bilden den Gegenstand der vorliegenden Arbeit, die einen Beitrag für das System zum automatischen Verstehen und Generieren fortlaufend gesprochener deutscher Sprache des IMMD 5 (Mustererkennung) darstellt.

Als Ausgangspunkt der Arbeit werden zunächst einige theoretische Konzepte, insbesondere aus dem Gebiet der Textlinguistik und der Pragmalinguistik, vorgestellt. Darauf aufbauend wird die Konzeption für eine Reihe von Modulen für das System motiviert.

In einem Dialog werden eine Reihe verschiedener Bedeutungsaspekte wirksam, die sich folgendermaßen charakterisieren lassen:

- auf welche Objekte oder Begriffe nimmt eine Äußerung Bezug (Referenzakt)?
- was wird über diese ausgesagt (Prädikationsakt)?
- was meint der Sprecher mit seiner Äußerung, welche Absicht verfolgt er damit (illokutiver Akt)?

Die Voraussetzung für das Erfassen der Bedeutung besteht darin, die richtigen Bezüge innerhalb des Textes wie zum Wirklichkeitsmodell des Hörers herzustellen. Die verschiedenen Ebenen des Bezugs dialogischer Elemente

- aufeinander,
- zum thematischen und situativen Kontext sowie
- zum Dialogzusammenhang

werden als Objektbereiche der semantischen und pragmatischen Wissens-Modulen im Spracherkennungssystem definiert. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen, die

sich aus dem Einsatz im Dialogsystem ergeben, insbesondere der Forderung nach weitgehender Modularität, wird daraus die Definition eines Semantik- und eines Pragmatik-Moduls, sowie eines gesonderten Dialog-Moduls abgeleitet.

Die Darstellung des Bezugs sprachlicher Ausdrücke auf außersprachliche Elemente setzt eine strukturelle Beschreibung des Weltmodells voraus, auf das referenziert werden soll. Da die Elemente dieses Modells im allgemeinen nicht als isolierte Objekte und Sachverhalte von Bedeutung sind, sondern sich häufig erst durch verschiedene Handlungszusammenhänge und Vorkommensrahmen definieren, erweist sich die Darstellung in einem assoziativen Netzwerk als günstig. Dazu wird ein eigener Formalismus zur Repräsentation von Wissen in semantischen Netzen, der sich im wesentlichen am Modell der "structured inheritance networks" orientiert, vorgestellt. Charakteristisch für den Formalismus ist insbesondere die Definition eines Inventars von Kantentypen mit fester Syntax und die Möglichkeit, prozedurales Wissen und verschiedene Typen von Metainformation anzubinden. Durch die Attribut-Vererbung entlang der Spezialisierungs-Hierarchie wird eine ökonomische und modulare Darstellung erreicht.

Ein Interpreter für die Netzwerksprache wurde in der Sprache SIMULA an der CDC CYBER-845 implementiert. Die Implementierung ist zweistufig und trennt die Ebene der reinen Graphstruktur von der epistemologischen Ebene, auf der die Verarbeitung der verschiedenen Strukturierungs-Primitiva definiert wird. Dies gewährleistet, daß die Realisierung eines Semantischen Netzes unabhängig von seinem konzeptuellen Inhalt bleibt und der Benutzer nicht mit Implementierungsdetails der Graphstruktur belastet wird.

Die semantische Analyse beruht auf den theoretischen Konzepten der Valenz- und Kasustheorie. Die Hauptaufgaben des Moduls bestehen darin, lexikalische Mehrdeutigkeiten aufzulösen, semantische Anomalien aufzudecken und die Prädikat/Argument-Struktur des Satzes darzustellen. Damit werden diejenigen Aspekte abgedeckt, deren Untersuchung am isolierten Satz auf der Basis seiner Konstituentenstruktur und der Grundbedeutung seiner lexikalischen Elemente möglich ist.

Die Interpretation von Wortgruppen basiert auf semantischen Kombinationsbeschränkungen, die bewirken, daß durch die Kombination zweier Wörter jeweils bestimmte Bedeutungsaspekte ausgefiltert werden. Diese Restriktionen werden in Form von semantischen Klassen (Selektionsklassen) notiert, die hierarchisch strukturiert sind. Diejenigen Wortbedeutungen, die Selektionsrestriktionen regierender Wörter verletzen, werden als unverträglich von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

sen.

Interpretierte einzelne Wortgruppen werden anschließend in eine Rahmenstruktur eingepaßt, die vom (hypothetisierten) Verb des Satzes eröffnet wird. Diese "Kasusrahmenstruktur" beschreibt die notwendigen Mitspieler des Verbs syntaktisch und semantisch und definiert dadurch das Grundgerüst für Sätze mit dem betreffenden Verb (in der jeweiligen Verbbedeutung). Beim Aufbau des Kasusrahmens werden somit diejenigen Satzglied-Hypothesen ausgewählt, die eine konsistente Satzaussage bilden, und gleichzeitig ihre funktionalen Beziehungen bestimmt.

Der Beitrag, den der Modul zum Verstehen einer Äußerung leistet, besteht damit einerseits in der Reduktion der Anzahl syntaktischer Hypothesen, indem "sinnlose" Strukturen ausgeschlossen werden, andererseits in der Möglichkeit der Steuerung der weiteren Analyse durch semantische Erwartungen, vor allem aber in der Erzeugung einer funktionalen Rollenstruktur, die unabhängig vom speziellen Anwendungsfall und der aktuellen Gesprächssituation ist.

Um eine Äußerung über ihre rein wörtliche Bedeutung hinaus auch in ihrem thematischen Zusammenhang und bezüglich der zugrundeliegenden Sprecherintention zu verstehen, muß sie vom Hörer (bzw. vom System) in Beziehung gesetzt werden zu seinem eigenen Hintergrundwissen. Es besteht insbesondere im Wissen über den Diskursbereich "Intercity-Zugauskunft", das als Datenbasis des Pragmatik-Moduls in Form von Semantischen Netzen strukturiert und implementiert wurde. Die für die Anwendung als Auskunftssystem charakteristischen Konzepte im Netz repräsentieren die zu erwartenden Typen von Auskünften, wie etwa "Reservierungs-Auskunft", "Verbindungs-Auskunft", "Fahrplan-Auskunft" oder "Fahrpreis-Auskunft". Jeder Auskunftstyp definiert sich über eine Reihe charakteristischer Attribute, deren Belegung für die Erkennung des Typs entscheidend ist. Daneben spezifiziert jeder Typ, wie die Information für die Antwort vom System zu ermitteln ist.

Die Aufgabe des Pragmatik-Moduls besteht zunächst darin, Bezüge zwischen einer Äußerung und dem "Weltmodell" herzustellen, um ihre bereichsspezifische Bedeutung zu verstehen. Im nächsten Schritt ist daraus abzuleiten, welche Art von Auskunft der Benutzer mit seiner Äußerung erhalten will. Dazu werden Inferenzprozesse auf dem Netz beschrieben, die entweder ausgehend von der semantischen Interpretation der Äußerung auf eine intendierte Auskunft schließen oder ausgehend von Erwartungen aus dem Dialogverlauf Rückschlüsse ziehen. Das Ergebnis der pragmatischen Analyse ist spezifiziert als eine Netzwerk-Repräsentation der Benutzer-Frage.

Aufgabenorientierte Dialoge, wie etwa Auskunftsdialoge sie darstellen, folgen einem bestimmten, weitgehend konventionell geregelten Handlungsschema, das die übliche Abfolge von Dialogphasen und -schritten wiedergibt. Der Dialog-Modul modelliert dieses Schema in einem Übergangsnetz. Neben der Einbettung einer Äußerung in den Dialogverlauf gehört zu seinen Aufgaben die Berücksichtigung verschiedener Kontext-Faktoren, wie etwa die Auflösung von Verweisen oder die Vervollständigung verkürzter Äußerungen. Die realisierte erste Version dieses Moduls umfaßt ua. Funktionen zur Verwaltung verschiedener Gedachtnisse, zur Steuerung des Dialogs anhand des Dialogschemas (einschließlich evtl. erforderlicher Rückfragen) und zur Ableitung von Erwartungen aus dem Dialogzustand. Seine Ausgabe besteht in einer internen Repräsentation der System-Antwort, die noch sprachlich zu formulieren ist.

Im Ausblick wird eine realisierte Teilkomponente zur Antwortformulierung vorgestellt, daneben werden einige Gedanken zum Mensch-Maschine Dialog als einer speziellen Interaktionssituation angeführt.

9 Bibliographie

Allen & Frisch 1982:

James F. Allen & Alan M. Frisch: What's in a Semantic Network? ACL-82.19-27.

Anderson & Bower 1973:

J.R. Anderson & G.H. Bower: HUMAN ASSOCIATIVE MEMORY. New York: Holt.

Ballweg 1981:

Projektgruppe Verbvalenz (J.Ballweg et al.): Konzeption eines Wörterbuchs deutscher Verben. Zu Theorie und Praxis einer semantisch orientierten Valenzlexikographie. FORSCHUNGSBERICHTE DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE SPRACHE 45, U. Engel & G. Stickel (Hg.). Tübingen: Narr.

de Beaugrande & Dressler 1981:

Robert-Alain de Beaugrande & Wolfgang Ulrich Dressler: Einführung in die Textlinguistik. KONZEPTE DER SPRACH- UND LITERATURWISSENSCHAFT 28. Tübingen: Niemeyer.

Berens 1976:

Franz Josef Berens et al.: Projekt "Dialogstrukturen". Ein Arbeitsbericht. HEUTIGES DEUTSCH 1(12). München: Hueber.

Bobrow 1977:

Daniel G. Bobrow et al.: GUS, A frame-driven dialog system. ARTIFICIAL INTELLIGENCE 8(2).155-173.

Bobrow & Collins 1975:

Daniel G. Bobrow & A. Collins (Hg.): REPRESENTATION AND UNDERSTANDING. New York: Academic Press.

Bobrow & Winograd 1977a:

Daniel G. Bobrow & Terry Winograd: An overview of KRL, a knowledge representation language. COGNITIVE SCIENCE 1(1).3-46.

--- 1977b:

Id.: Experience with KRL-0: one cycle of a knowledge representation language. IJCAI 5.213-222.

--- 1979:

Id.: KRL: another perspective. COGNITIVE SCIENCE 3(1).29-42.

Brachman 1976:

Ronald J. Brachman: What's in a Concept: STRUCTURAL FOUNDATIONS FOR SEMANTIC NETWORKS. BBN Rep. No 3433. Bolt Beranek & Newman, Cambridge, Massachusetts, erweiterte Fassung aus Int. Journal of Man-Machine Studies 9,2.1977.127-152.

--- 1978a:

Id.: Structured Inheritance Networks. In: RESEARCH IN NATURAL LANGUAGE UNDERSTANDING, W. A. Woods & R. J. Brachman. Quarterly Progress Rep. No 1. BBN Rep. No 3742.36-78.

--- 1978b:

Id.: A STRUCTURAL PARADIGM FOR REPRESENTING KNOWLEDGE. BBN Rep. No 3605. Überarbeitete Version der Ph.D. Thesis, Harvard University.1977.

--- 1979:

Id.: On the Epistemological Status of Semantic Networks. In: Findler 1979. 3-50.

- Brachman et al. 1980:
 Ronald J. Brachman et al.: Special Issue on Knowledge Representation. ACM-Sig-art Newsletter No 70. Februar 1980.
- Brachman & Levesque 1983:
 Ronald J. Brachman & Hector J. Levesque: A Tutorial on Knowledge Representation. IJCAI 8. Karlsruhe.
- Bruce 1975:
 Bertram Bruce: Case systems for natural language. ARTIFICIAL INTELLIGENCE 6. Amsterdam: North-Holland. 327-360.
- Carbonell 1970:
 Jaime R. Carbonell: MIXED-INITIATIVE MAN-COMPUTER INSTRUCTIONAL DIALOGUES. BBN Rep. No 1971. Bolt Beranek & Newman, Cambridge, Massachusetts.
- Charniak 1981:
 Eugene Charniak: The Case-Slot Identity Theory. COGNITIVE SCIENCE 5. 285-292.
- Cohen 1978:
 P.R. Cohen: ON KNOWING WHAT TO SAY: PLANNING SPEECH ACTS. Ph.D. Thesis, Dept. of Computer Science, University of Toronto.
- Conrad 1981:
 Rudi Conrad (Hg.): KLEINES WÖRTERBUCH SPRACHWISSENSCHAFTLICHER TERMINI. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut.
- Doyle 1979:
 Jon Doyle: A truth maintenance system. ARTIFICIAL INTELLIGENCE 12(3).
- Duda 1978:
 Richard O. Duda et al.: Development of the Prospector Consultation System for Mineral Exploration. Final Report to the Office of Resource Analysis, U.S. Geological Survey, Reston, VA and to the Mineral Resource Alternatives Program, The National Science Foundation, Washington, D.C. Artificial Intelligence Center, SRI International, Menlo Park, CA.
- Ehrlich 1983:
 Ute Ehrlich: SEMANTISCHE KLASSIFIKATION UND VALENZBESCHREIBUNG DEUTSCHER ADJEKTIVE UND SUBSTANTIVE FÜR DAS LEXIKON DER AUTOMATISCHEN SPRACHVERARBEITUNG. Studienarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.
- 1984:
 Id.: PLANUNG UND STEUERUNG VON DIALOGEN FÜR DAS ERLANGER SPRACHERKENNUNGSSYSTEM. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.
- Engel 1982:
 Ulrich Engel: Syntax der deutschen Gegenwartssprache. GRUNDLAGEN DER GERMANISTIK 22. 2., überarbeitete Auflage. Berlin: Schmidt.
- Engel & Schumacher 1978:
 Ulrich Engel & Helmut Schumacher: Kleines Valenzlexikon deutscher Verben. FORSCHUNGSBERICHTE DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE SPRACHE 31, U. Engel & G. Stickele (Hg.). Tübingen: Narr.
- Erben 1972:
 Johannes Erben: DEUTSCHE GRAMMATIK. Ein Abriss. 11. völlig neu bearbeitete Auf-

Jage. München: Hueber.

Eroms 1981:

Hans-Werner Eroms: Valenz Kasus und Propositionen: Untersuchungen zur Syntax und Semantik propositionaler Konstruktionen in der deutschen Gegenwartssprache. MONOGRAPHIEN ZUR SPRACHWISSENSCHAFT 11, R. Schützeichel (Hg.). Heidelberg: Winter.

Fahlman 1979:

Scott E. Fahlman: REPRESENTING AND USING REAL-WORLD KNOWLEDGE. Ph.D. Thesis draft. Artificial Intelligence Laboratory, MIT, Cambridge, Massachusetts.

Fillmore 1967:

Charles J. Fillmore: The grammar of hitting and breaking. WORKING PAPERS IN LINGUISTICS 1, The Ohio State University RF Project 2218-c, Report 1. Abgedruckt in READINGS IN ENGLISH TRANSFORMATIONAL GRAMMAR, R.A. Jacobs & P.S. Rosenbaum (Hg.). Waltham, Mass.

--- 1968:

Id.: The case for case. UNIVERSALS IN LINGUISTIC THEORY, E. Bach & R.T. Harms (Hg.). New York etc. 1-88. Deutsch in: KASUSTHEORIE, W. Abraham (Hg.). Frankfurt a.M. 1971. 1-118.

--- 1971:

Id.: Some Problems for Case Grammar. WORKING PAPERS IN LINGUISTICS 10. The Ohio State University. 245-265.

--- 1977a:

Id.: The case for case reopened. SYNTAX AND SEMANTICS 8: GRAMMATICAL RELATIONS, P. Cole & J.M. Sadock (Hg.). New York: Academic Press. 59-82. Deutsch in: Pleines 1981. 13-43.

--- 1977b:

Id.: Scenes-and-Frames Semantics. LINGUISTIC STRUCTURES PROCESSING, A. Zampolli (Hg.). Amsterdam: North-Holland. 55-81.

Findler 1979:

Nicholas V. Findler (Hg.): ASSOCIATIVE NETWORKS. REPRESENTATION AND USE OF KNOWLEDGE BY COMPUTERS. New York: Academic Press.

Friedland 1979:

P. Friedland: Knowledge-based Experiment Design in Molecular Genetics. Doctoral dissertation, Stanford University, Computer Science Dept. Rep. CS-79-760.

Gerlach 1982:

Michael Gerlach: MATCHING IN SEMANTISCHEN NETZWERKEN. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.

Götttert & Herrlitz 1977:

Karl-Heinz Götttert & Wolfgang Herrlitz: Linguistische Propädeutik. Theoretische Grundlagen. GERMANISTISCHE ARBEITSHEFTE 20. Tübingen: Niemeyer.

Goldstein & Roberts 1979:

Ira P. Goldstein & R.B. Roberts: Using frames in scheduling. In: Winston & Brown 1979, Bd. 1. 251-284.

Hayes 1977:

Pat J. Hayes: In defence of logic. IJCAI 5. 559-565.

- 1978a:
Id.: THE NAIVE PHYSICS MANIFESTO. Working paper, Institute of Semantic and Cognitive Studies. Genf.
- 1978b:
Id.: NAIVE PHYSICS 1: ONTOLOGY FOR LIQUIDS. Working paper, Institute of Semantic and Cognitive Studies. Genf.
- 1980:
Id.: The logic of frames. In: Frame Conceptions and Text Understanding, D. Metzger (Hg.). UNTERSUCHUNGEN ZUR TEXTTHEORIE 5. Berlin: de Gruyter.46-61.
- Hein 1982:
Hans-Werner Hein: Das Erlanger Spracherkennungssystem. Dissertation. Arbeitsberichte des Instituts für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Band 15(15), Erlangen.
- Helbig & Schenkel 1975:
Gerhard Helbig & Wolfgang Schenkel: WÖRTERBUCH ZUR VALENZ UND DISTRIBUTION DEUTSCHER VERBEN. 3. Auflage. Leipzig: VEB Verlag Enzyklopadie.
- Hendrix 1975a:
Gary G. Hendrix: PARTITIONED NETWORKS FOR THE MATHEMATICAL MODELING OF NATURAL LANGUAGE SEMANTICS. Technical Rep. NL-28. Dept. of Computer Science, University of Texas at Austin.
- 1975b:
Id.: Expanding the utility of semantic networks through partitioning. IJCAI 4.115-121.
- Herrlitz 1974:
Wolfgang Herrlitz: Aufbau eines Modells der sprachlichen Kommunikation. In: LEHRGANG SPRACHE. Einführung in die moderne Linguistik. Bd.1. Weinheim u. Basel: Beltz.16-31.
- Hewitt 1971:
Carl Hewitt: PLANNER: A Language for Proving Theorems in Robots. IJCAI 2. London.
- 1973:
Id. et al.: A Universal Modular Actor Formalism for Artificial Intelligence. IJCAI 3. Stanford, CA.
- Hoffmann 1981:
Anne Hoffmann: EINE GRASPE-PRAGMATIK FÜR DIE AUTOMATISCHE SPRACHVERARBEITUNG. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.
- Imhasly et al. 1979:
Bernard Imhasly & Bernhard Marfurt & Paul Portmann: KONZEPTE DER LINGUISTIK. Eine Einführung. Studienbücher der Linguistik und Literaturwissenschaft 9, H. Glinz (Hg.). Wiesbaden: Athenaion.
- Kallmeyer 1977:
Werner Kallmeyer et al.: LEKTÖREKOLLEG ZUR TEXTLINGUISTIK. Bd.1: Einführung. 2. Auflage. Athenäum-Taschenbuch 2050. Kronberg/Ts.: Athenäum.
- Katz & Fodor 1963:
Jerrold J. Katz & Jerry A. Fodor: The structure of a semantic theory. LANGUAGE 39. Abgedruckt in THE STRUCTURE OF LANGUAGE, J.A. Fodor & J.A. Katz (Hg.). Eng-

Iewood Cliffs.

de Kleer 1979:

Johan de Kleer et al.: Explicit control of reasoning. In: Winston & Brown 1979, Bd.1.93-116.

Koch & Heicking 1980:

Dietrich Koch & Winfried Heicking: Syntactic and semantic analysis of German sentences. In: REPRESENTATION AND PROCESSING OF NATURAL LANGUAGE, L. Bolc (Hg.). München Wien: Hanser.207-270.

Korhonen 1977:

Jarmo Korhonen: Studien zu Dependenz, Valenz und Satzmodell: Theorie und Praxis der Beschreibung der deutschen Gegenwartssprache. Teil 1: Dokumentation, kritische Besprechung, Vorschläge. EUROPAISCHE HOCHSCHULSCHRIFTEN 1/212. Bern: Lang.

Kuipers 1978:

Benjamin Kuipers: Modeling spatial knowledge. COGNITIVE SCIENCE 2(2).129-153.

--- 1979:

Id.: On representing commonsense knowledge. In: Findler 1979.393-408.

Lea 1980:

Wayne A. Lea (Hg.): TRENDS IN SPEECH RECOGNITION. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Lehnert & Wilks 1979:

Wendy Lehnert & Yorick Wilks: A critical perspective on KRL. COGNITIVE SCIENCE 3(1).1-28.

Lewandowski 1979:

Theodor Lewandowski: Linguistisches Wörterbuch. 3 Bde. UTB 200/201/300. 3., verb. u. erw. Auflage Heidelberg: Quelle&Meyer.

McCarthy 1977:

J. McCarthy: Epistemological problems of Artificial Intelligence. IJCAI 5. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.1038-1044.

McDermott & Doyle 1980:

Drew V. McDermott & Jon Doyle: Non-monotonic logic I. ARTIFICIAL INTELLIGENCE 13.41-72.

Metzing 1981:

Dieter Metzing: Plädoyer für Kasus wiedereröffnet - für die Künstliche Intelligenz? In: Pleines 1981.139-210.

Minsky 1975:

Marvin Minsky: A Framework for Representing Knowledge. In: THE PSYCHOLOGY OF COMPUTER VISION, P. H. Winston (Hg.). New York: McGraw-Hill.211-277.

Müller-Meernach 1981:

Reinhold Müller-Meernach: DATENBASIS FÜR DEN LEXIKONEXPERTEN EINES SPRACHERKENNUNGSSYSTEMS. Studienarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.

--- 1982:

Id.: SEMANTISCHE NETZWERKE FÜR DEN PRAGMATIKMODUL DES ERLANGER SPRACHERKENNUNGSSYSTEMS. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), In-

stitut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.

Mylopoulos 1975:

J. Mylopoulos et al.: TORUS - a natural language understanding system for data management. IJCAI 4.414-421.

Niemann 1982:

Heinrich Niemann: The Erlangen System for Recognition and Understanding of Continuous German Speech. In: J. Nehmer (Hg.): GI-12. JAHRESTAGUNG (KAISERSLAUTERN, OKTOBER 1982). Informatik Fachberichte 57, Berlin: Springer.330-348.

Nilsson 1980:

Nils J. Nilsson: PRINCIPLES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Palo Alto, California: Tioga Publishing Company.

Pleines 1981:

Jochen Pleines (Hg.): Beiträge zum Stand der Kasustheorie. TUBINGER BEITRÄGE ZUR LINGUISTIK 133. Tübingen: Narr.

Quillian 1968:

M.R. Quillian: Semantic memory. In: SEMANTIC INFORMATION PROCESSING, M. Minsky (Hg.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.227-270.

Quine 1961:

W.V. Quine: FROM A LOGICAL POINT OF VIEW. 2. überarbeitete Auflage. New York: Harper.

Reiter 1978:

R. Reiter: On reasoning by default. In: TINLAP-2.210-218.

Reithinger 1983:

Norbert Reithinger: GENERIERUNG VON ANWORTTEXTEN FÜR DAS ERLANGER SPRACHERKENNUNGSSYSTEM. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung), Institut für Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung (IMMD), Universität Erlangen-Nürnberg.

Roberts & Goldstein 1977:

R.B. Roberts & I.P. Goldstein: THE FRL PRIMER. Memo 408, MIT Artificial Intelligence Laboratory, MIT.

Rumelhart & Norman 1973:

D.E. Rumelhart & D.A. Norman: Active semantic networks as a model of human memory. IJCAI 3.450-457.

Samlowski 1976:

Wolfgang Samlowski: Case grammar. In: Computational Semantics. FUNDAMENTAL STUDIES IN COMPUTATIONAL SCIENCE 4, E. Charniak & F. Wilks (Hg.). Amsterdam.55-72.

de Saussure 1967:

Ferdinand de Saussure: GRUNDFRAGEN DER ALLGEMEINEN SPRACHWISSENSCHAFT. 2.Auflage. Berlin: De Gruyter.

Schank 1975:

Roger C. Schank: The structure of episodes in memory. In: Bobrow & Collins 1975.237-272.

Schank & Abelson 1977:

Roger C. Schank & Robert P. Abelson: SCRIPTS, PLANS, GOALS AND UNDERSTANDING. Hillsdale, New York: Lawrence Erlbaum Associated.

Schlieben-Lange 1979:

Brigitte Schlieben-Lange: LINGUISTISCHE PRAGMATIK. Zweite überarbeitete Auflage. Urban-Taschenbuch 198. Stuttgart: Kohlhammer.

Seyfert 1979:

Gernot Seyfert: Zur Theorie der Verbgrammatik. TOBINGER BEITRÄGE ZUR LINGUISTIK 73. Tübingen: Narr.

Simmons 1973:

R.F. Simmons: Semantic networks: their computation and use for understanding English sentences. In: COMPUTER MODELS OF THOUGHT AND LANGUAGE, R. Schank & K. Colby (Hg.). San Francisco: W.H. Freeman.63-113.

Shapiro 1971:

Stuart C. Shapiro: A net structure for semantic information storage, deduction, and retrieval. IJCAI 2.512-523.

--- 1979:

Id.: The SNePS semantic network processing system. In: Findler 1979.179-203.

Smith 1978:

B. Smith: LEVELS, LAYERS AND PLANES: THE FRAMEWORK OF A SYSTEM OF KNOWLEDGE REPRESENTATION SEMANTICS. Master's thesis, Artificial Intelligence Laboratory, MIT, Cambridge, Massachusetts.

Stallman & Sussman 1977:

Richard M. Stallman & Gerald J. Sussman: Forward reasoning and dependency-directed backtracking in a system for computer-aided circuit analysis. ARTIFICIAL INTELLIGENCE 9(2).135-196.

Stefik 1979:

M. Stefik: An examination of a frame-structured representation system. IJCAI 6.845-852.

Szolovits 1977:

Peter Szolovits et al.: AN OVERVIEW OF OWL, A LANGUAGE FOR KNOWLEDGE REPRESENTATION. MIT/LCS/TM-86. Laboratory for Computer Science, MIT, Cambridge, Massachusetts.

Tesniere 1966:

Lucien Tesniere: ELEMENTS DE SYNTAXE STRUCTURALE. 2. durchgesehene und korrigierte Auflage. Paris.

Teubert 1979:

Wolfgang Teubert: VALENZ DES SUBSTANTIVS - ATTRIBUTIVE ERGÄNZUNGEN UND ANGABEN. Düsseldorf.

TINLAP-2:

D.L. Waltz (Hg.): THEORETICAL ISSUES IN NATURAL LANGUAGE PROCESSING. Urbana: University of Illinois.1978.149-156.

Waterman & Hayes-Roth 1978:

D.A. Waterman & F. Hayes-Roth (Hg.): PATTERN-DIRECTED INFERENCE SYSTEMS. New York: Academic Press. Darin: An Overview of Pattern-Directed Inference Systems.3-22.

Walker 1978:

Donald E. Walker (Hg.): Understanding Spoken Language. THE COMPUTER SCIENCE LIBRARY. ARTIFICIAL INTELLIGENCE SERIES, N.J. Nilsson (Hg.). New York: North-

Holland.

Waltz 1978:

D. Waltz: On the interdependence of language and perception. TINLAP-2.149-156.

Winograd 1975:

Terry Winograd: Frame representations and the declarative/procedural controversy. In: Bobrow & Collins 1975.185-210.

--- 1977:

Id.: Five Lectures on Artificial Intelligence. In: LINGUISTIC STRUCTURES PROCESSING 8, A. Zampolli (Hg.). Amsterdam.400-520.

--- 1980:

Id.: What does it mean to understand language? In: COGNITIVE SCIENCE 4.209-241.

Winston 1977:

Patrick H. Winston: ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Reading, Massachusetts: Addison Wesley.

Winston & Brown 1979:

Patrick H. Winston & R.H. Brown (Hg.): ARTIFICIAL INTELLIGENCE: an MIT Perspective (2 Bde). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Woods 1975:

William Woods: What's in a link: foundations for semantic networks. In: Bobrow & Collins 1975.35-82.

Wunderlich 1970:

Dieter Wunderlich: Die Rolle der Pragmatik in der Linguistik. DER DEUTSCHUNTER-RICT 22(4).5-41.

--- 1975:

Id.: Referenzsemantik. In: FUNK-KOLLEG SPRACHE. Eine Einführung in die moderne Linguistik. Bd. 2. Frankfurt a. M.102-112.

Wynn 1980:

Eleanor Wynn: What Discourse Features aren't needed in on-line Dialogue. ACL-80.87-90.

Abkürzungen:

ACL	Conference of the Association of Computational Linguistics
IJCAI	International Joint Conference on Artificial Intelligence

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<u>Bildnr.</u>		<u>Seite</u>
1-1	Die System-Struktur	4
2-1	Abgrenzung der semantisch-pragmatischen Moduln	24
3-1	Attribut-Definition	46
3-2	Interne Instanz-Struktur	48
3-3	Struktur-Beschreibung (STRUCTURAL/CONDITION)	50
3-4	Attribut-Modifikation	52
3-5	Strukturierte Vererbung	53
3-6	Interne Struktur eines Konzepts	61
3-7	Interne Struktur eines modifizierten Konzepts	61
3-8	Interne Struktur eines differenzierten Konzepts	62
3-9	Interne Struktur einer Instanz	64
3-10	Übersicht: Konzept, abgeleitetes Konzept, Instanz	65
3-11	Die External-Hierarchie des Systems	72
4-1	Präpositionalgruppen-Interpretation	82
4-2	Selektionsklassen für Substantive und Präpositionen (Ausschnitt)	85
4-3	Ein Kasusrahmen für FAHREN	86
4-4	Selektionsklassen für Adverbien	91
4-5	Die funktionale Hierarchie der Konstituenten	101
4-6	Die Struktur des Semantik-Moduls	102
4-7	Eine Präpositionalgruppen-Instanz	108
4-8	Interpretation einer PNG-Instanz	110
4-9	Ergebnis des FRAME-SATZ-matching	139
4-10	Ergebnis des FRAME-KONSTITUENTEN-matching	141
5-1	Die Situationsebene	148
5-2	Die Struktur der Auskunftstypen	151
5-3	OHNE UMSTEIGEN als Indiz für eine VERBINDUNGS-AUSKUNFT	159
5-4	Die Struktur des Pragmatik-Moduls	161
6-1	Aufgaben und Wissensbasen des Dialog-Moduls	166
6-2	Dialogschema INFORMATIONSGEWINNUNG	168
6-3	Die Struktur des Dialog-Moduls	170

LEBENS LAUF

Geburtsdatum:	20. September 1955
Geburtsort:	Nürnberg
Eltern:	Ruth Brietzmann, geb. Elbinger Heinrich Brietzmann, Architekt
Schulbildung:	1961 - 1974 Besuch der Wilhelm-Löhe-Schule in Nürnberg 1974 Abitur
Hochschulausbildung:	1974 - 1980 Studium der Informatik mit Nebenfach Linguistik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Dezember 1980 Diplom
Tätigkeit an der Universität:	seit 1981 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Informatik 5 (Mustererkennung)

In letzter Zeit sind folgende Arbeitsberichte des Instituts für
Mathematische Maschinen und Datenverarbeitung erschienen:

=====

Band 13

=====

- Nr. 1 Schrammel, D., Bayer, W., Gliemann, H.-P., Heigl, M.,
Mertens, P.:
Ein Leistungs- und Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen
Klein- und Großcomputern
(Januar 1980)
- Nr. 2 Göttler, H.:
Semantische Modelle
(März 1980)
- Nr. 3 Fromm, H.J.:
Zur Modellierung der Speicherinterferenz bei hierarchisch
organisierten Multiprozessorsystemen
(April 1980)
- Nr. 4 Jäpel, D.:
Klassifikatorbezogene Merkmalsauswahl
(Juli 1980)
- Nr. 5 Bodendorf, F., Mertens, P., Haas, R., Weber, G., Wolf, G.:
SAMBA - ein Methodenbankrahmen um das Statistik-Paket SPSS
(Juli 1980)
- Nr. 6 Bartsch, B.:
Inferenz und Analyse spezieller Graphgrammatiken für die
syntaktische Mustererkennung
(September 1980)
- Nr. 7 Wurm, F.X.:
Auftragssystem für eine Mehrprozessoranlage
(Oktober 1980)
- Nr. 8 Schedelbeck, A.:
Vergleich der beiden höheren Realzeitprogrammiersprachen
ADA und PEARL
(Oktober 1980)
- Nr. 9 Jahresbericht 1980 der Informatik
(März 1981)

- Nr. 1 Pattern Recognition
 (Research at Lehrstuhl für Informatik 5)
 (Februar 1981)

- Nr. 2 Bunke, H.:
 Analyse elektrischer Schaltpläne
 (März 1981)

- Nr. 3 Linster, C.-U.:
 SYMPOS/UNIX - Ein Betriebssystem für homogene
 Polyprozessorsysteme
 (Juni 1981)

- Nr. 4 Akyildiz, J.F., Bolch, G.:
 Analytic Solution Techniques for Queueing Network
 Models of Computer Systems
 (Juli 1981)

- Nr. 5 Lindstedt, W.G.:
 Ein Verfahren zur Erstellung portabler algorithmischer
 Laufzeitprogramme
 (Juli 1981)

- Nr. 6 Vollmar, R.:
 Zum Begriff des Parallelismus bei Polyautomaten
 (Juli 1981)

- Nr. 7 Luft, A.L.:
 Rationaler Sprachgebrauch und orthosprachliche
 Standardisierung als Grundlagen zuverlässiger Software-
 Entwicklung und -Dokumentation
 (Januar 1982)

- Nr. 8 Händler, W.:
 PROCEEDINGS OF A WORKSHOP ON TAXONOMY IN COMPUTER
 ARCHITECTURE
 (Februar 1982)

- Nr. 9 Beth, Th., Hess, P., Wirl, K.:
 Materialien zur Kryptographie
 (März 1982)

- Nr. 10 Jahresbericht 1981 der Informatik
 (März 1982)

- Nr. 1 Wittmann, A.:
Ein Mechanismus für die Synchronisation paralleler
Prozesse
(Februar 1982)
- Nr. 2 Maehle, E.:
Fehlertolerantes Verhalten in Multiprozessoren -
Untersuchungen zur Diagnose und Rekonfiguration
(März 1982)
- Nr. 3 Bathelt, P.:
Vergleich von Synchronisationsmechanismen
(Mai 1982)
- Nr. 4 Keramidis, S.:
Eine Methode zur Spezifikation und korrekten
Implementierung von asynchronen Systemen
(Juni 1982)
- Nr. 5 Fromm, H.J.:
Multiprozessor-Rechenanlagen:
Programmstrukturen, Maschinenstrukturen und Zuordnungs-
probleme
(Mai 1982)
- Nr. 6 Bley, H.:
Vorverarbeitung und Segmentierung von Stromlaufplänen
unter Verwendung von Bildgraphen
(Juli 1982)
- Nr. 7 Hchl, W.:
Informatik-Sammlung
Katalog mit historischen Erläuterungen
(August 1982)
- Nr. 8 Messerer, M.:
Ein neuer Ansatz zur Parallelisierung von
Compilern
(August 1982)
- Nr. 9 Grosch, J.:
Eine Programmiersprache mit mengentheoretischen
Konstrukten und deren effiziente Implementierung
(August 1982)
- Nr. 10 Kleinöder, W.:
Stochastische Bewertung von Aufgabenstrukturen
für hierarchische Mehrrechnersysteme
(August 1982)

- Nr. 11 Kneißl, F.:
Realisierung von Makro-Datenflußmechanismen auf
hierarchischen Mehrrechnersystemen
(August 1982)
- Nr. 12 Brendel, W., Fan, Z., Klar, R., Schmielau, W.:
ERES 82
Handbuch und Fallstudie
Handbook and Case Study
(Oktober 1982)
- Nr. 13 Pelz, K.:
Portable Codegenerierung in Übersetzern
für Prozeß-Programmiersprachen
(Oktober 1982)
- Nr. 14 Sommer, U., Steinchen, J.:
Ein Kleinrechner-Grafiksystem zur Dokumentation
von EDV-Abläufen
(Oktober 1982)
- Nr. 15 Hein, H.-W.:
Das Erlanger Spracherkennungssystem
(November 1982)
- Nr. 16 Bolch, G., Bruchner, W.:
Analytische Modelle für symmetrische Mehrprozessor-
anlagen mit dynamischen Prioritäten
(Dezember 1982)
- Nr. 17 Jahresbericht 1982 der Informatik
(März 1983)

- Nr. 1 Gall, R.:
Formale Beschreibung des inkrementellen Programmierens-
im-Großen mit Graph-Grammatiken
(März 1983)
- Nr. 2 König, R.:
Beiträge zur algebraischen Theorie der formalen Sprachen
(März 1983)
- Nr. 3 Welbourn, D.B.:
The Design of Mechanical Components and the Development
of DUCT:
17 Years of CAD/CAM in Cambridge University
(April 1983)
- Nr. 4 Woitok, R.:
Die System-Implementierungs-Sprache ALICE
(Mai 1983)
- Nr. 5 Schneider, S., Schwab, P., Renninger, W.:
Wesen, Vergleich und Stand von Software zur Produktion
von Systemen der computergestützten Unternehmensplanung
(Juli 1983)
- Nr. 6 Händler, W., Herzog, U., Hofmann, F., Schneider, H.J.
und Mitarbeiter:
Projektabschlußbericht 1978 - 1982 Erlangen General Purpose
Array
(Juli 1983)
- Nr. 7 Mackert, L.:
Modellierung, Spezifikation und korrekte Realisierung
von asynchronen Systemen
(Juli 1983)
- Nr. 8 Reitenspieß, M.:
Sprachkonstrukte zur Spezifikation und korrekten Implemen-
tierung von Schutzproblemen
(Juli 1983)
- Nr. 9 Weber, K.:
Modellierung von Fehlverhalten mit Berücksichtigung
paralleler Abläufe
(August 1983)
- Nr. 10 Dietsch, H.:
Ein verteiltes Kommunikationssystem für einen Verbund
aus lokalen Mikrorechner-Netzwerken
(Dezember 1983)

- Nr. 11 Maehle, E., Schmitter, E.:
Workshop Fehlertolerante Mehrprozessor- und Mehr-
rechnersysteme
(Dezember 1983)
- Nr. 12 Volkert, J.:
Multiplikative Abstandsfunktionen und deren Anwendung
in der Bildverarbeitung
(Dezember 1983)
- Nr. 13 Steinbauer, D.:
Transaktionen als Grundlage zur Strukturierung und
Integritätssicherung in Datenbank-Anwendungssystemen
(Dezember 1983)
- Nr. 14 Wilke, P.:
Zusammenhänge und Unterschiede zwischen Graph-Grammatiken
und Petri-Netzen sowie verwandter Systeme
(Dezember 1983)
- Nr. 15 Jahresbericht der Informatik 1983
(März 1984)

- Nr. 1 Eberlein, W.:
Architektur technischer Datenbanken für
integrierte Ingenieursysteme
(Februar 1984)
- Nr. 2 Mertens, P., Heigl, M.:
Neuere Entwicklungen der computergestützten
Produktionsplanung, Eignung - Verbindungen -
Entwicklungspfade
(April 1984)
- Nr. 3 Stoyan, H.:
Maschinen- unabhängige Code-Erzeugung als semantik-
erhaltende beweisbare Programmtransformation
(Juli 1984)
- Nr. 4 Brendel, W.:
Funktionaler Entwurf und automatische Synthese
hochintegrierter Schaltkreise
(August 1984)

